INSTITUT AGRONOMIQUE DE L'ETAT A GEMBLOUX

TOME XX, Nos 3-4. 1952.

BULLETIN

DE

L'INSTITUT AGRONOMIQUE

ET DES

STATIONS DE RECHERCHES

DE

GEMBLOUX

IMPRIMERIE J. DUCULOT, EDITEUR
GEMBLOUX (Belgique)

COMMONWEALTH MYCOLOGICAL INSTITUTE
26 JUN 1953

Sommaire

BOUDRU, M. — Considérations sur la futaie jardinée de Chêne 155

CASIMIR, J. et TRZCINSKI, T. — Contribution à l'étude du métabolisme azoté dans les Champignons. Répartition des acides aminés dans *Agaricus hortensis* C., *var. alba* 178

DEMORTIER, G. — Dispositif permettant d'éliminer l'inertie des appareils enrégistreurs à leviers et plus spécialement des barographes 185

DETROUX, L. et FOUARGE, J. — Essai de protection des plants forestiers contre les dégats du petit gibier (lapin et lièvre) 188

FOUARGE, J. et SACRÉ, E. — Analyse physique, mécanique et anatomique de bois d'Epicéa (*Picea abies* KARST, *P. excelsa* LINK), originaires de différentes stations de la Haute Ardenne. 223

TEGHEM, J. — Ajustement d'une équation parabolique à une série chronologique périodiquement lacunaire 293

SCAUT, A. — Contribution à l'étude des méthodes de détermination de la phosphatase dans le lait 314

DE MUNTER, P. — Application de tests statistiques paramétriques et non-paramétriques à quelques problèmes de climatologie 373

Notes.

CASIMIR, J. et HUYGENS, R. — Réactifs d'identification des sucres sur papier. 384

STRASZEWSKA, Z. et MANIL, P. — Immunité conférée à *Datura Stramonium* par une première inoculation de *Agrobacterium tumefaciens* 387

WILTGEN, N. et BONNIER, Ch. — A propos de l'examen mycologique du sol ; description d'une méthode 391

Les articles sont publiés sous la seule responsabilité de leurs auteurs.

Le *Bulletin de l'Institut Agronomique et des Stations de Recherches de Gembloux* paraît normalement quatre fois par an. Toutefois, provisoirement, le nombre des livraisons a dû être limité.

Le prix de l'abonnement est de 150 francs par an, somme à verser au compte de chèques postaux n° 7621.08 du Bulletin de l'Institut Agronomique de Gembloux (Belgique) ou à payer par mandat postal. Le prix de l'abonnement sera porté à 175 frs pour le tome XXI, 1953.

Prix du présent volume : 75 francs. Pour la commande, prière de s'adresser au Secrétariat du *Bulletin*.

a) **Le Bulletin sera envoyé en échange des publications similaires des Établissements d'Enseignement Supérieur, des publications périodiques des Sociétés scientifiques et des Revues Scientifiques en général.**

b) **Tout ouvrage scientifique dont un exemplaire est adressé à la Rédaction, sera signalé sous la rubrique « Bibliographie ».**

Toute reproduction des articles parus dans le Bulletin est strictement interdite, sauf autorisation du Comité de Rédaction.

BULLETIN
de l'Institut agronomique et des Stations de Recherches de Gembloux.

TOME XX, Nos 3-4. 1952.

CHAIRE D'ÉCONOMIE FORESTIÈRE (BIOLOGIE)

Considérations sur la futaie jardinée de chêne

par M. Boudru.

La futaie jardinée de chêne annoncée, discutée, voire même définie depuis quelques dizaines d'années (5) (6) (7) (8) (10) (*) ne semble pas encore dégagée des limbes de la théorie. A notre connaissance, il n'existe pas encore d'exemples concrets de pareilles futaies vraiment constituées.

Il n'est donc pas possible de recourir à des inventaires de peuplements pour fixer la structure, la composition, le matériel normal et la production d'une futaie jardinée de chêne d'une classe déterminée de production.

Les divers auteurs qui se sont occupés de cette ingrate question ont émis certains principes, avancé des hypothèses que nous nous permettrons de discuter.

Dans les pages qui vont suivre, nous allons exposer notre façon de concevoir la forêt jardinée de chêne. Comme nos prédécesseurs, nous sommes réduit au domaine des idées. Puisse la confrontation de celles-ci apporter quelque clarté !

* * *

I. Composition normale de la futaie jardinée de chêne.

Dans les sapinières, on connaît d'une manière satisfaisante depuis De Liocourt, la loi à laquelle satisfait la composition normale d'une futaie jardinée. La répartition des bois entre les diverses catégories de grosseur se fait suivant une progression géométrique décroissante dont la raison — coefficient de gradation ou coefficient de Liocourt — est prise entre le nombre de perches et le terme d'exploitabilité (point de départ et point d'aboutissement de la courbe). Elle règle ainsi la densité et le volume de la futaie qui conditionnent

(*) Les chiffres entre parenthèses renvoient à la bibliographie.

une régénération suffisante mais continue et une production aussi élevée que possible avec un matériel adéquat, aussi réduit que possible mais convenablement réparti (Voir les publications relatives à la Méthode du Contrôle).

Les résultats acquis en ce qui concerne la sapinière s'appliquent également à la hêtraie, mais la densité de cette dernière n'est que les 2/3 ou 3/4 de celle de la sapinière, la surface terrière variant de 18 à 24 m^2 et le volume de 200 à 250 m^3.

Pouvons-nous espérer arriver à déterminer de la sorte la composition normale d'une futaie de chêne jardinée par bouquets ? Autrement dit, la répartition des tiges se fait-elle suivant une progression géométrique décroissante de raison constante — coefficient de Liocourt (1re Hypothèse) ?

Faut-il, au contraire, admettre avec de nombreux auteurs (2) (9) que cette composition normale se détermine par le procédé déjà utilisé par HUFFEL pour la futaie claire : les arbres des diverses catégories de grosseur ayant un couvert total sensiblement constant (2e Hypothèse) ?

Il y a entre les deux conceptions des différences sensibles :

Dans le premier cas, le rapport entre le nombre de tiges d'une catégorie et le nombre de tiges de la catégorie immédiatement supérieure est identique, entre toutes les catégories successives (coefficient de Liocourt). Le nombre de gros bois est limité et le matériel est riche en bois petits et moyens.

Dans le second cas, le coefficient de gradation n'est pas constant : il est élevé dans les catégories inférieures, faible dans les catégories supérieures, les vieux bois sont nombreux au détriment des jeunes tiges et des arbres d'âge moyen.

Que choisir comme hypothèse de base ?

Détermination de la courbe d'équilibre normal.

En l'absence d'inventaires, nous allons recourir aux indications des Tables de production pour une classe de productivité — IIIe Bonität de Schwappach.

Nous admettons que la futaie jardinée de chêne est une mosaïque de bouquets équiennes, d'âges différents, confusément mélangés. Nous supposons une chênaie de chêne rouvre traitée à la rotation de 10 ans et dont les vagues successives de régénération sont également espacées de 10 ans. L'âge d'exploitation est fixé à 180 ans. Au début d'une rotation, nous nous trouvons ainsi en présence de bouquets dont les âges différant de 10 ans s'échelonnent de 0 à 170 ans. Il y aurait ainsi 18 catégories d'âge. A la fin de la rotation, les âges varient de 10 à 180 ans.

Supposons une chênaie de 18 Ha répartie en bouquets de surface variable mais dont chaque catégorie d'âge occupe 1 Ha. Notre futaie régulière comprenant 16 peuplements équiennes d'âges différents s'échelonnant de 10 en 10 ans, à partir de 0 an jusqu'à 170 ans, nous aurons donc, au début de la rotation, 1 Ha de 170 ans, etc... 1 Ha de 10 ans et 1 Ha de semis.

Connaissant la répartition du nombre total des tiges entre les diverses catégories de grosseur de 5 en 5 cm de D., nous aurons ainsi cette répartition pour

l'ensemble des 18 Ha. Rapportés à l'Ha, ces chiffres nous donneront déjà des indications suffisantes quant à la loi de distribution des tiges dans la futaie jardinée de chêne par groupes ou bouquets.

a) *Calcul du nombre de bois par catégories de grosseur.*

Les Tables de production de Schwappach relatives à la 3e classe de productivité pour le chêne nous donnent le nombre de tiges du peuplement principal — après la coupe, donc *au début de la rotation* — comme suit :

Ages	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	200
Tiges	2914	1594	984	674	496	380	297	238	195	164	141	122	107

Les Tables ne donnant pas la répartition du nombre total des tiges par catégories de grosseur, nous avons été amené à la calculer en nous servant de la théorie des Déciles.

Note sur les Déciles et les Courbes de grosseurs relatives de JEDLINSKI.

Les Déciles s'obtiennent comme suit : les bois sont pointés par catégories individuelles, puis cumulés catégorie après catégorie. Le nombre total des bois N étant 100 %, le Ie Décile correspond dans la colonne des bois cumulés au 1/10 de N, le IIe Décile, aux 2/10, le IIIe Décile aux 3/10, ... le IXe Décile aux 9/10. Au Xe Décile correspond donc le maximum de la caractéristique du peuplement que l'on étudie (nombre de tiges, hauteur totale, diamètre, surface terrière, volume...). La valeur de cette caractéristique est pointée en regard de la catégorie individuelle correspondante ou interpolée entre deux catégories successives.

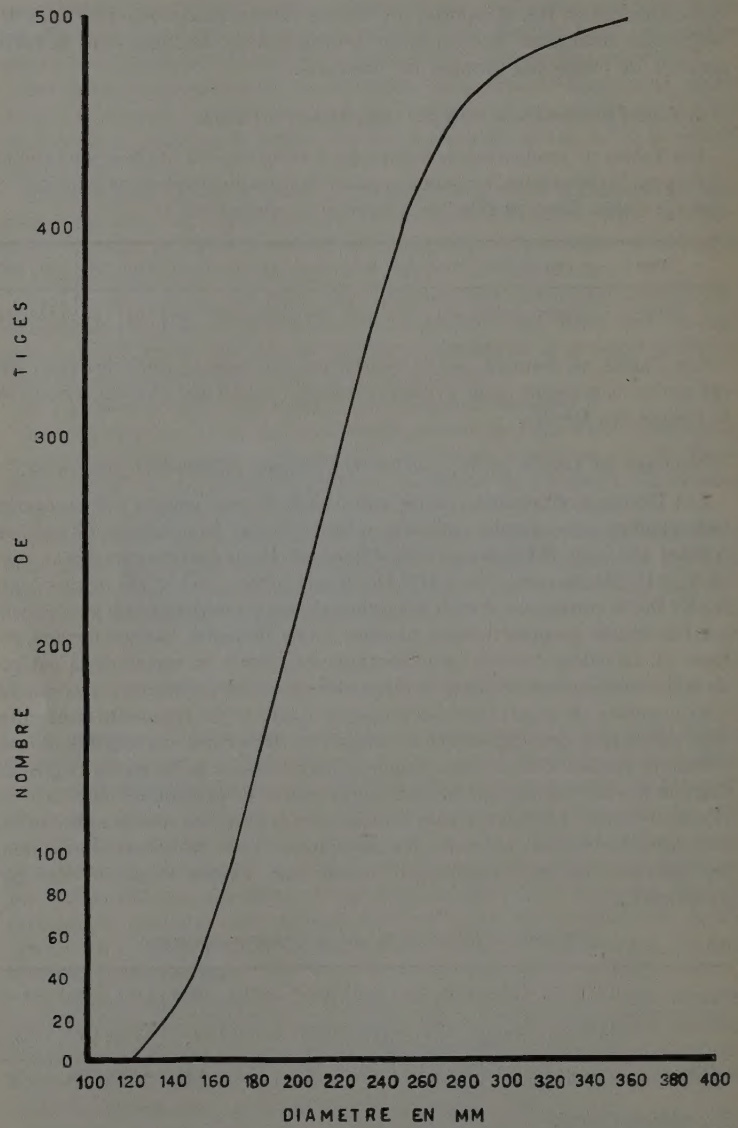
Les courbes de répartition des grosseurs relatives de JEDLINSKI sont obtenues en portant graphiquement les diamètres des arbres correspondant aux différents Déciles. Ces courbes prennent normalement la forme de l'ogive de GALTON qui a la même signification que la courbe de probabilité ou courbe en cloche de GAUSS, à savoir que plus les écarts sur la moyenne sont grands, plus ils sont rares. Les valeurs normales des grosseurs relatives des arbres représentent les différents Déciles s'établissent comme suit d'après PEARSON, cité par JEDLINSKI :

Grosseur relative en % de la grosseur moyenne.

	56.3	70.7	78.3	84.3	90.0	95.8	100.0	101.9	108.3	115.5	225.8	165.7
	1 %	10 %	20 %	30 %	40 %	50 %	56.88 %	60 %	70 %	80 %	90 %	100 %
Déciles	0	I	II	III	IV	V	M	VI	VII	VIII	IX	X

Exemple de Calcul.

Soit le peuplement équienne âgé de 90 ans qui comprend un nombre



GRAPHIQUE N° 1. Courbe de répartition de la population du peuplement équienne de chêne de 90 ans en 3e classe de productivité.

total de bois égal à 496 et dont le diamètre de l'arbre moyen à hauteur de poitrine est 218 mm. Connaissant d'après PEARSON, les grosseurs relatives en % de la grosseur moyenne, pour les divers Déciles, nous pouvons établir les dimensions correspondantes à ces Déciles dont nous déterminons également la valeur en nombre de tiges.

Graphiquement, nous pouvons chercher quel est le bois qui correspond à la limite supérieure d'une catégorie de grosseur. — Exemple : à 174 mm, limite supérieure de la catégorie des 150 mm ou 15 cm de D. qui s'étend de 125 à 174m, correspond la 110e tige, etc...

Ci-dessous, les tableaux permettant de calculer la répartition des 496 tiges du peuplement de 90 ans, en diverses catégories de diamètre.

Déciles	Nombre de tiges cumulées aux différents Déciles	Diamètre correspondant en mm
X°	496.0	361.88
IX°	446.4	274.68
VIII°	396.8	250.70
VII°	347.2	235.44
VI°	297.6	222.36
V°	248.0	209.28
IV°	198.4	196.20
III°	148.8	183.77
II°	99.2	170.69
I°	49.6	154.12
0	0.0	122.73

Correspondance des tiges à la limite supérieure d'une catégorie de grosseur		Répartition du nombre total des tiges dans les diverses catégories de grosseur	
Limite	*Nme tige*	*Catégories*	*N. de tiges*
124 mm	—	100 mm	—
174 mm	110°	150 mm	110
224 mm	305e	200 mm	195
274 mm	445e	250 mm	140
324 mm	485e	300 mm	40
361 mm	496e	350 mm	11
			496

Voir graphique n° 1.

En procédant de la même façon pour les divers peuplements équiennes de 50 à 170 ans — nous laissons de côté les peuplements de 40 ans et moins qui ne comprennent pas de tiges entrant dans la catégorie des 150 mm de diamètre — nous obtenons les résultats suivants, pour la 3e classe de productivité :

Futaie jardinée de chêne de 3^e classe de productivité.

Ages (Années)	Composition des peuplements aux divers âges — Catégories de diamètre en cm														
	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
50	(—)	414													
60	(—)	320	114												
70	(240)	520	200	24											
80	(40)	270	265	85	14										
90		110	195	140	40	11									
100		35	110	125	85	20	5								
110			62	90	80	32	26	7							
120			23	55	65	53	28	10	4						
130			12	24	50	46	38	12	8	3	2				
140				16	33	37	36	22	10	5	3	2			
150				9	19	28	29	26	17	5	4	3	1		
160				4	12	19	23	24	18	14	4	3	1	1	
170					8	14	19	19	17	13	5	4	3	3	2
Total	(—)	1669	981	572	406	260	204	120	74	40	18	12	5	4	2

De 0 à 170 ans, nous comptons 18 groupements d'âge ; divisons par 18 les résultats obtenus ci-dessus, nous avons alors, à l'Ha, la composition définie comme suit :

(1)	(—)	92.7	54.5	31.8	22.6	14.4	11.3	6.6	4.1	2.2	1.0	←	1.2 →

La courbe que nous pouvons tracer avec ces chiffres est encadrée par la courbe d'équilibre normal suivante (2), de coefficient de Liocourt égal à 1,55 avec 90 perches de 15 cm de D. comme point de départ et 1 bois de 65 cm de D. comme terme d'exploitabilité ou point d'aboutissement :

(2)	(—)	90.0	58.0	38.0	24.0	15.0	9.6	6.2	4.0	2.5	1.6	1.0	

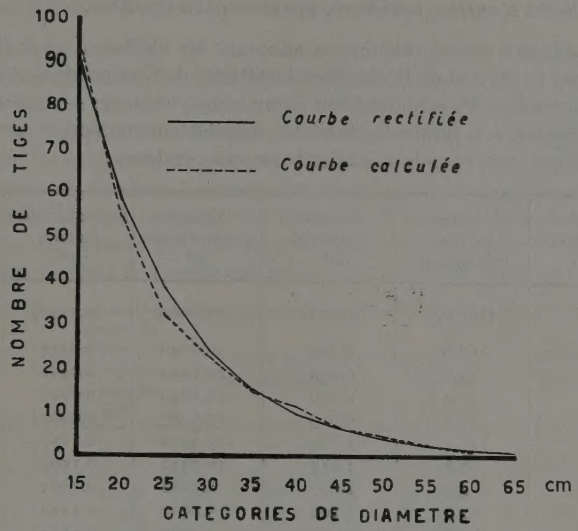
Voir graphique n° 2.

b) *Courbe d'équilibre normal.*

La courbe dont nous venons de donner les éléments traduit la situation au début de la rotation, aussitôt après l'exploitation. Il nous reste à calculer la courbe d'équilibre normal (à mi-rotation).

Dans la troisième classe de productivité, nous avons trouvé, d'accord avec PERRIN, que le temps de passage moyen des arbres de la futaie est de 20 ans environ pour des catégories de grosseur de 5 en 5 cm de diamètre.

Supposons la rotation égale à 10 ans et recherchons ce que devient notre



GRAPHIQUE N° 2. Composition normale d'une futaie de chêne de 3e classe de productivité au début de la rotation.

courbe à mi-rotation, soit 5 ans après le début de cette rotation. Voir le tableau ci-dessous :

Catégories de diamètre en cm.	Nombre de tiges par catégorie			
	Au début de la rotation	Après 20 ans	Après 10 ans (fin de la rotation)	Après 5 ans (mi-rotation ou courbe d'équilibre)
10	140 et plus			
15	90.0	140.0	115.0	102.0
20	58.0	90.0	74.0	66.0
25	38.0	58.0	48.0	43.0
30	24.0	38.0	31.0	27.5
35	15.0	24.0	19.5	17.3
40	9.6	15.0	12.9	11.2
45	6.2	9.6	7.9	7.1
50	4.0	6.2	5.1	4.6
55	2.5	4.0	3.2	2.8
60	1.6	2.5	2.1	1.8
65	1.0	1.6	1.3	1.1
70		(1.0)	(0.5)	(0.2)

c) *Volume et surface terrière du peuplement en équilibre.*

Les volumes seront calculés en adoptant les chiffres d'un tarif de cubage utilisé par la Station de Recherches forestières de Groenendael et relatif à l'estimation en *bois d'œuvre* dans une chênaie de 3^me classe — ancien taillis sous futaie passant à la futaie. Ce tarif est manifestement modéré pour une véritable futaie mais nous le maintiendrons par prudence.

Catégories de diamètre en cm	N. de tiges (courbe d'équilibre)	Volume individuel m³	Volume par catégories m³	Surface terrière individ. m²	Surface terrière par catégories m²
(15)	(102.0)	(0.153)	(15.6060)	(0.0177)	(1.8054)
20	66.0	0.304	20.0640	0.0314	2.0724
25	43.0	0.458	19.6940	0.0491	2.1113
30	27.5	0.686	18.8650	0.0707	1.9443
35	17.3	0.919	15.8987	0.0962	1.6643
40	11.2	1.194	13.3728	0.1257	1.4078
45	7.1	1.512	10.7352	0.1590	1.1289
50	4.6	1.867	8.5882	0.1963	0.9029
55	2.8	2.100	5.8800	0.2376	0.6653
60	1.8	2.500	4.5000	0.2827	0.5089
65	1.1	2.900	3.1900	0.3318	0.3650
70	0.2	3.400	0.6800	0.3848	0.0770
	182.6		121.4679		12.8481

Avec les perches qui sont au nombre de 102, le peuplement moyen comprendrait à l'Ha, 182,6 + 102 = 284,6 tiges ; il aurait une surface terrière de 12.8481 + 1.8054 = 14.6535 m² et cuberait 121.4679 + 15.6060 = 137.0739 m³.

d) *Surface totale du couvert du peuplement en équilibre.*

Dans les groupes équiennes de chêne, nous admettrons la relation $D/d = 20$, c'est-à-dire que le diamètre de la cime est égal à 20 fois le diamètre de l'arbre à hauteur d'homme et ce, à partir de la dimension des perches. La relation qui existe entre le couvert et la surface terrière sera alors 400/1.

Le couvert des arbres de la futaie sera donc, à mi-rotation (équilibre) de 12.8481 × 400 = 5139.24 m². En y ajoutant le couvert des perches, on arrivera à un total de 14.6535 × 400 = 5861.40 m² (*).

(*) Cette surface de 5861 m² est un minimum ! Malgré l'état de massif, il existe çà et là de petits vides ou des parties claires dans les groupes de chêne. Aux lisières de deux bouquets d'âge peu différent, les cimes ont déjà tendance à s'élargir. Dans l'ombre portée par un groupe relativement âgé, il se trouve presque toujours une bande non régénérée entre celui-ci et les semis.

D'autre part, ce rapport $D/d = 20$ que nous considérons comme exact à la suite de mensurations faites en forêt dans des bouquets de futaie jeunes ou d'âge moyen semble être trop faible lorsque les groupes de chênes arrivent à l'époque où la dégénération peut être envisagée, car les futurs semenciers plus largement dégagés ont développé leurs cimes.

e) *Courbe d'équilibre d'après le procédé de* HUFFEL.

Rappelons ce procédé (2). On commence par accorder aux semis, fourrés et gaulis une certaine fraction de la surface. Dans le cas présent, nous admettrons que la surface couverte par la futaie et les perches est égale à 5861 m². On assimile les catégories de diamètre à des classes d'âge et on répartit ces 5861 m² entre les catégories de grosseur, chacune occupant une surface égale, selon le principe de HUFFEL. Comme nous avons ici de 15 à 70 cm de D., 12 catégories, la surface par catégorie est donc de 5861 : 12 = 488 m². Connaissant la surface du couvert de l'arbre moyen de la catégorie, nous déterminons alors le nombre de tiges de chaque catégorie comme dans le tableau ci-dessous.

Catégories de diamètre en cm	Surface du couvert de l'arbre moyen de la catégorie m²	N. de tiges par catégories	Volume par catégorie m³	Surface terrière par catégorie m²
(15)	(7.08)	(69.0)	(10.5570)	(1.2213)
20	12.56	39.0	11.8560	1.2246
15	19.64	25.0	11.4500	1.2275
30	28.28	17.2	11.7992	1.2160
35	38.48	12.7	11.6713	1.2217
40	50.28	9.7	11.5818	1.2193
45	63.60	7.6	11.4912	1.2084
50	78.52	6.2	11.5754	1.2171
55	95.04	5.1	10.7100	1.2118
60	113.08	4.3	10.7500	1.2156
65	132.72	3.6	10.4400	1.1945
70	153.92	3.1	10.5400	1.1929
Futaie :		133.5	123.8649	13.3494
Perches :		69.0	10.5570	1.2213
Peuplement :		202.5	134.4219	14.5707

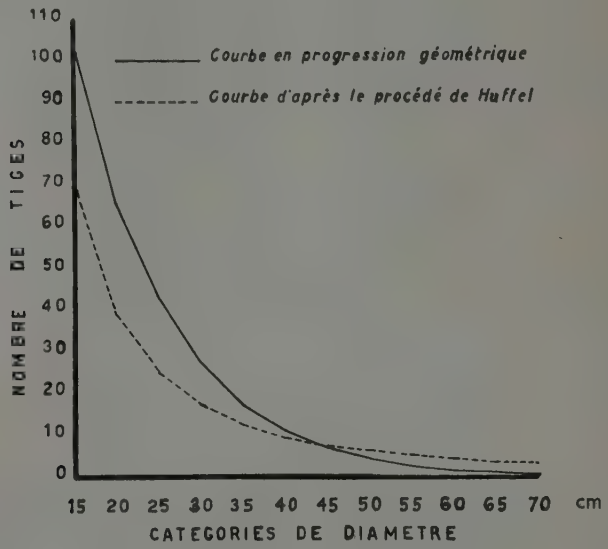
La surface totale du couvert — futaie et perches — est de 14.5707 × 400 = 5830 m² environ. Comparé au peuplement en équilibre déduit des tables de production, le peuplement calculé par le procédé de HUFFEL a sensiblement

Ces considérations ont pu amener certains de nos collègues belges à retenir le rapport $D/d = 22$ pour des bouquets de futaie de chêne.

Si nous adoptions ce dernier chiffre, le couvert des arbres de la futaie deviendrait, à mi-rotation : 12.8481 × 484 = 6218.48 m² et en y ajoutant le couvert des perches, le couvert total serait : 14.6535 × 484 = 7092.29 m², ce qui nous paraît quelque peu exagéré pour un ensemble de *bouquets de futaie*. En considérant les vides et surfaces non occupées par les rajeunissements, en admettant le rapport $D/d = 22$ pour les perches et les plus gros bois, il nous semble que, pratiquement, on puisse s'arrêter, à mi-rotation, au chiffre de 6200 m² de surface totale de couvert. Mais il y a encore à considérer le rôle du peuplement de complément !

le même couvert ce qui est évident puisque l'hypothèse est telle, la même surface terrière, le même volume, mais la répartition des catégories et des classes de grosseur est tout à fait différente : excès de gros bois, déficit en bois petits et moyens avec les conséquences logiques sur l'accroissement.

Voir graphique n° 3.



GRAPHIQUE N° 3. Courbe d'équilibre d'une futaie jardinée de chêne de 3e classe de productivité.

Ce procédé ne paraît donc pas à retenir pour établir la composition normale de la forêt jardinée de chêne (*).

II. ACCROISSEMENT DE LA CHENAIE JARDINÉE DE COMPOSITION NORMALE.

a) *Accroissement du volume.*

Nous allons établir cette production par le procédé de GURNAUD (calcul des promotions) qui nous permettra de vérifier si le passage à la futaie corres-

(*) L'adoption du rapport $D/d = 22$ ne change rien dans les résultats du procédé de Huffel en ce qui concerne le nombre de tiges, leur volume et leur surface terrière, par catégories. En effet, si la surface totale à répartir est augmentée dans la proportion de $(22/20)^2$ ou 484/400, la surface du couvert par catégorie et la surface attribuée à l'arbre moyen de la catégorie sont également augmentées dans la même proportion.

pond à l'exploitation et en même temps fixera, dans l'accroissement, la part qui revient à la futaie elle-même et aux perches passant à la futaie.

Calcul détaillé de l'accroissement.

Catégorie de D. en cm	Matériel initial M. I.	Matériel final M. F.	Promus	Stationnaires	Différence de volume m^3	Accroissement m^3	Passage à la futaie m^3
70	0.0	0.5					
			0.5		0.500	0.2500	
65	1.0	1.3		0.5			
			0.8		0.400	0.3200	
60	1.6	2.1		0.8			
			1.3		0.400	0.5200	
55	2.5	3.2		1.2			
			2.0		0.233	0.4660	
50	4.0	5.1		2.0			
			3.1		0.355	1.1005	
45	6.2	7.9		3.1			
			4.8		0.318	1.5264	
40	9.6	12.9		4.8			
			8.1		0.275	2.2275	
35	15.0	19.5		6.9			
			12.6		0.233	2.9358	
30	24.0	31.0		11.4			
			19.6		0.228	4.4688	
25	38.0	48.0		18.4			
			29.6		0.154	4.3584	
20	58.0	74.0		28.4			
			P.F. = 45.6		0.304		P. F. = 13.8624
15	90.0	115.0		69.4			
			82.4 + 77.5			18.3734 + 13.8624	
	159.9	205.5	159.9			32.2358	
	45.6		45.6				
	205.5	205.5	205.5				

L'accroissement annuel total est donc de 3.22 m^3 dont 1.84 m^3 pour la futaie et 1.38 m^3 pour le passage à la futaie.

b) *Volume du peuplement au début et à la fin de la rotation.*

Volume au début de la rotation : 121.4679 — 9.1867 = 112.2812 m^3
Volume à la fin de la rotation :
Volume de la futaie : 121.4679 + 9.1867 = 130.6546
Passage à la futaie : 13.8624
Volume total de la futaie : 144.5170 m^3
Différence : 144.5170 — 112.2812 = 32.2358 m^3

c) *Accroissement de la surface terrière.*

Par le nombre des promus et l'accroissement individuel en surface terrière, nous obtenons les chiffres suivants :

Catégories de diamètre en cm	Accroissement individuel m²	Accroissement par catégorie m²	Accroissement du P. F. m²
65/70	0.0530	0.02650	
60/65	0.0491	0.03928	
55/60	0.0451	0.05863	
50/55	0.0413	0.08260	
45/50	0.0373	0.11563	
40/45	0.0333	0.15984	
35/40	0.0295	0.23895	
30/35	0.0255	0.32130	
25/30	0.0216	0.42336	
20/25	0.0177	0.52392	
	Accroissement de la futaie :	1.99001	
15/20	0.0314		P. F. = 1.43184
	Accroissement total :	3.42185	

d) *Surface terrière du peuplement au début et à la fin de la rotation.*

Surface terrière au début de la rotation : 12.8481 — 0.995005 = 11.853095 m²
Surface terrière à la fin de la rotation :
Surface terrière de la futaie : 12.8481 + 0.995005 = 13.843105
Surface terrière du P. F. : 1.431840
Surface terrière totale 15.274945 m²

e) *Accroissement du couvert au cours de la rotation.*

3.42185 × 400 = 1368.74 m².

f) *Couvert du peuplement au début et à la fin de la rotation.*

Couvert au début de la rotation : 11.853095 × 400 = 4711.238 m².
Couvert à la fin de la rotation : 15.274945 × 400 = 6109.978 m².

g) *Caractéristiques du peuplement.*

	Début de la rotation	Mi-rotation (équilibre)	Fin de la rotation
Nombre de tiges de la futaie	159.9	182.6	205.5
Volume (m³)	112.28	121.47	114.52
Surface terrière (m²)	11.85	12.85	15.27
Couvert (m²)	4741	5139	6110

Accroissement pendant la rotation de 10 *ans.*

	Futaie	P. F.	Total
du volume (m^3)	18.3734	13.8624	32.2328
de la surface terrière (m^2)	1.99001	1.43184	3.42185
du couvert (m^2)	796.004	572.736	1368.74

III. Accroissement de la chênaie jardinée dont la composition est déterminée par le procédé de Huffel.

a) *Accroissement du volume.*

La courbe que nous avons établie précédemment a trait au peuplement en équilibre (à mi-rotation). Cherchons quel est le nombre de bois des diverses catégories au début et à la fin de la rotation. Supposons, comme dans le cas précédent, la rotation égale à 10 ans et le temps de passage égal à 20 ans.

Calcul de la composition au début et à la fin de la rotation.

Catégories de diamètre en cm	Nombre de tiges		Différence			Nombre de tiges	
	A mi-rotation	Après 20 ans	Après 20 ans	Après 10 ans	Après 5 ans	Au début de la rotation	A la fin de la rotation
75	0.0	3.1	3.1	1.55	0.775	0.00	1.55
70	3.1	3.6	0.5	0.25	0.125	2.98	3.23
65	3.6	4.3	0.7	0.35	0.175	3.42	3.77
60	4.3	5.1	0.8	0.40	0.200	4.10	4.50
55	5.1	6.2	1.1	0.55	0.275	4.83	5.38
50	6.2	7.6	1.4	0.70	0.350	5.85	6.55
45	7.6	9.6	2.0	1.00	0.500	7.10	8.10
40	9.6	12.6	3.0	1.50	0.750	8.85	10.35
35	12.6	17.1	4.5	2.25	1.125	11.48	13.73
30	17.1	25.0	7.9	3.95	1.975	15.12	19.07
25	25.0	40.0	15.0	7.50	3.750	21.25	18.75
20	40.0	69.0	29.0	14.50	7.250	32.75	47.25
	134.2	203.2	69.0	34.50	17.250	117.73	152.23
	69.0					34.50	
	203.2					152.23	

Calcul détaillé de l'accroissement.

Catégorie de D. en cm	M. I.	M. F.	Promus	Stationnaires	Différence de volume m³	Accroissement m³	Passage à la futaie m³
75	0.00	1.55		0.00			
			1.55		0.600	0.9300	
70	2.98	3.23		1.43			
			1.80		0.500	0.9000	
65	3.42	3.77		1.62			
			2.15		0.400	0.8600	
60	4.10	4.50		1.95			
			2.55		0.400	1.0200	
55	4.83	5.38		2.28			
			3.10		0.233	0.7223	
50	5.85	6.55		2.75			
			3.80		0.355	1.3490	
45	7.10	8.10		3.30			
			4.80		0.318	1.5264	
40	8.85	10.35		4.05			
			6.30		0.275	1.7325	
35	11.48	13.73		5.18			
			8.55		0.233	1.9921	
30	15.12	19.02		6.57			
			12.50		0.228	2.8500	
25	21.25	28.75		8.75			
			20.00		0.154	3.0800	
20	32.75	47.25		12.75			
			P. F. = 34.50		0.304		P. F. = 10.4880
			67.10 + 50.63			16.9623 + 10.4880	
	117.73		117.73				
	34.50		34.50				
	152.23	152.23	152.23			27.4503	

L'accroissement annuel total du volume est donc de 2.75 m³ dont 1.70 m³ pour la futaie et 1.05 pour le passage à la futaie.

Comparé à celui du peuplement de composition « normale », l'accroissement est donc inférieur de 0.47 m³ par an, la perte étant surtout due au passage à la futaie plus réduit — 1.05 au lieu de 1.38 m³. Le déficit de production pour la rotation de 10 ans est donc de 4.7 m³.

b) *Volume du peuplement au début et à la fin de la rotation.*

Volume au début de la rotation : 123.8649 — 8.48115 = 115.38375 m³
Volume à la fin de la rotation :
Volume de la futaie : 123.8649 + 8.48115 = 132.34605
Passage à la futaie : 10.48800
Volume total : 142.83405 m³

c) *Accroissement de la surface terrière.*

Par le nombre de promus et l'accroissement individuel en surface terrière, nous obtenons les chiffres suivants :

Catégories de diamètre en cm	Accroissement individuel m^2	Accroissement par catégorie m^2	Accroissement du P. F. m^2
70/75	0.0570	0.088350	
65/70	0.0530	0.095400	
60/65	0.0491	0.105565	
55/60	0.0451	0.115005	
50/55	0.0413	0.128030	
45/50	0.0373	0.141740	
40/45	0.0333	0.159840	
35/40	0.0295	0.185850	
30/35	0.0255	0.218025	
25/30	0.0216	0.270000	
20/25	0.0177	0.354000	
	Accroissement de la futaie :	1.861805	
15/20	0.0314		P. F. = 1.08330
	Accroissement total :	2.945105	

d) *Surface terrière du peuplement au début et à la fin de la rotation.*

Surface terrière au début de la rotation : $13.3494 - 0.9309025 = 12.4184975\ m^2$
Surface terrière à la fin de la rotation :

$$13.3494 + 0.9309025 + 1.08380 = 15.3636025\ m^2$$

e) *Accroissement du couvert pendant la rotation.*

$$2.945105 \times 400 = 1178.042\ m^2$$

f) *Couvert du peuplement au début et à la fin de la rotation.*

Couvert au début de la rotation : $12.4185 \times 400 = 4967.40\ m^2$
Couvert à mi-rotation : $13.3494 \times 400 = 5339.76\ m^2$
Couvert à la fin de la rotation : $15.3636 \times 400 = 6145.44\ m^2$

g) *Caractéristiques du peuplement.*

	Début de la rotation	Mi-rotation (équilibre)	Fin de la rotation
Nombre de tiges de la futaie	117.73	133.50	152.23
Volume (m^3)	115.38	123.86	142.83
Surface terrière (m^2)	12.42	13.35	15.36
Couvert (m^2)	4967	5340	6145

Accroissement pendant la rotation de 10 *ans.*

	Futaie	P. F.	Total
du volume (m^3)	16.9623	10.4880	27.45030
de la surface terrière (m^2)	1.861805	1.08330	2.94501
du couvert (m^2)	744.72	433.32	1178.04200

IV. Le peuplement d'essences de complément.

a) *Composition.*

Au point de vue biologique, il est utile et même indispensable d'associer au chêne une certaine proportion d'essences de complément. Dans la futaie de chêne rouvre, les érables peuvent être représentés par petits groupes et arbres isolés et poussés jusqu'aux dimensions de l'ancien. Le charme relégué en sous-bois sera présent dans la catégorie des perches et très rarement au-delà. On peut encore trouver quelques fruitiers et de rares hêtres ou tilleuls. Avec le chêne pédonculé, on éduquera outre le charme, et selon les milieux, le frêne et l'orme, les érables et les fruitiers, l'aune glutineux... Ces essences de complément combleront les vides ou s'installeront totalement ou partiellement en sous-étage des chênes plus ou moins âgés. Dans notre futaie de chêne rouvre de 3^e classe de productivité, le temps de passage sera de 15 ans pour les érables (fruitiers) et de 30 ans pour le charme, la rotation étant toujours de 10 ans.

Nous fixons comme suit, à mi-rotation, la composition du peuplement de complément et son état après 15 ans :

Catégorie de D. en cm	Nombre de tiges à mi-rotation			Nombre de tiges après 15 ans			Différence en 15 ans
	Érables (Fruitiers)	Charmes	Total	Érables (Fruitiers)	Charmes	Total	
55	—		—	1.0		1.0	1.0
50	1.0		1.0	1.5		1.5	0.5
45	1.5		1.5	2.2		2.2	0.7
40	2.2		2.2	3.3		3.3	1.1
35	3.3		3.3	5.0		5.0	1.7
30	5.0		7.5	7.5		7.5	2.5
25	7.5		7.5	10.0	2.5	12.5	5.0
20	10.0	5.0	15.0	15.0	12.5	27.5	12.5
			35.5			60.5	25.0
15	15.0	25.0					

Nombre de tiges au début et à la fin de la rotation de 10 *ans.*

Catégories de diamètre en cm	Début de la rotation	Fin de la rotation
55	0.0	0.3
50	0.8	1.1
45	1.2	1.7
40	1.8	2.5
35	2.7	3.8
30	4.2	5.9
25	5.8	9.2
20	10.8	19.1
	27.3	43.6

b) *Volume et surface terrière du peuplement à mi-rotation* (*).

Catégories de diamètre en cm	Nombre de tiges	Volume m^3	Surface terrière (m^2)
50	1.0	1.8670	0.1963
45	1.5	2.2680	0.2385
40	2.2	2.6268	0.2765
35	3.3	3.0327	0.3175
30	5.0	3.4300	0.3535
25	7.5	3.4350	0.3683
20	15.0	4.5600	0.4710
	35.5	21.2195	2.2216

(*) Les volumes individuels par catégorie sont ceux du chêne.

c) *Accroissement du volume et de la surface terrière.*

Calcul détaillé de l'accroissement.

Catég. de D. en cm	M. I.	M. F.	Promus	Stationnaires	Accroissement du volume		Accroissement de la surface terrière	
					Futaie	P. F.	Futaie	P. F.
55	0.0	0.3						
			0.3		0.0699		0.0124	
50	0.8	1.1		0.5				
			0.6		0.2130		0.0224	
45	1.2	1.7		0.6				
			1.1		0.3498		0.0366	
40	1.8	2.5		0.7				
			1.8		0.4950		0.0531	
35	2.7	3.8		0.9				
			2.9		0.6757		0.0739	
30	4.2	5.9		1.3				
			4.6		1.0488		0.0994	
25	5.8	9.2		1.2				
			8.0		1.2320		0.1416	
20	10.8	19.1		2.8				
			P.F.: 16.3			P. F. : 4.9552		P. F. : 0.4748
			19.3	8.00	4.0842		0.4394	
	27.3		27.3					
	16.3		16.3					
	43.6	43.6	43.6		9.0394		0.9142	

d) *Volume du peuplement au début et à la fin de la rotation.*

Volume au début de la rotation : $21.2195 - 2.0421 = 19.1774\ m^3$
Volume à la fin de la rotation : $21.2195 + 2.0421 + 4.9552 = 28.2168\ m^3$

e) *Surface terrière du peuplement au début et à la fin de la rotation.*

Surface terrière au début de la rotation : $2.2216 - 0.2197 = 2.0019\ m^2$
Surface terrière à la fin de la rotation : $2.216 + 0.2197 + 0.4748 = 2.9161\ m^2$

f) *Couvert du peuplement au début et à la fin de la rotation* (*).

Au début de la rotation : $2.0019 \times 400 = 800.76\ m^2$
A la fin de la rotation : $2.9161 \times 400 = 1166.44\ m^2$

(*) En utilisant le rapport $D/d = 22$, le couvert du peuplement de complément devient, au début de la rotation :

$2.0019 \times 484 = 968.9196\ m^2$; à la fin de la rotation : $2.9151 \times 484 = 1411.3924\ m^2$. En outre, le couvert de la futaie jardinée — chêne et essences d'appoint — devient : $13.85 \times 484 = 6.703{,}40\ m^2$ et $18.18 \times 8799.12\ m^2$ respectivement au début et à la fin de la rotation, ce qui serait exagéré.

g) *Accroissement du couvert en cours de rotation :*

$$1166.44 - 800.76 = 365.68 \text{ m}^2.$$

h) *Caractéristiques du peuplement de complément.*

	Début de la rotation	Mi-rotation (équilibre)	Fin de la rotation
Nombre de tiges (futaie)	27.3	35.5	43.6
Volume (m^3)	19.1774	21.2195	28.2168
Surface terrière (m^2)	2.0019	2.2216	2.9161
Couvert (m^2)	800.76	888.64	1166.44

Accroissement pendant la rotation de 10 *ans.*

	Futaie	P. F.	Total
du volume (m^3)	4.0842	4.9552	9.0394
de la S. T. (m^2)	0.4394	0.4748	0.9142
du couvert (m^2)	175.76	189.92	365.68

V. Caractéristiques de la futaie jardinée (chêne et essences de complément)

	Début de la rotation			Mi-rotation (équilibre)			Fin de la rotation		
	Chêne	Autres Essences	Total	Chêne	Autres Essences	Total	Chêne	Autres Essences	Total
Nombre de tiges de la futaie	159.90	27.30	187.20	182.60	35.50	218.10	205.50	43.60	249.
Volume (m^3)	112.28	19.18	131.46	121.47	21.22	142.69	144.52	28.22	172.74
Surface terrière (m^2)	11.85	2.00	13.85	12.85	2.22	15.07	15.27	2.91	18.18
Couvert (m^2)	4741.	801.	5542.	5139.	889.	6028.	6110.	1166.	7276.(*)

Accroissement pendant la rotation de 10 *ans.*

	Futaie			Passage à la futaie			Total		
	Chêne	Autres Essences	Total	Chêne	Autres Essences	Total	Chêne	Autres Essences	Total
du volume (m^3)	18.3734	4.0842	22.4576	13.8624	4.9552	18.8176	32.2328	9.0394	41.2722
de la surface terrière (m^2)	1.9900	0.4394	2.4294	1.4318	0.4748	1.9066	3.4218	0.9142	4.3360
du couvert (m^2)	796.004	175.76	971.764	572.736	189.92	762.656	1368.74	365.68	1734.42

(*) En réalité, le couvert du peuplement de complément ne s'additionne pas brutalement au couvert des chênes. Les essences d'appoint s'installent totalement ou partiellement, transitoirement ou en permanence sous l'abri du peuplement principal ; elles comblent les vides dont nous avons parlé plus haut. Sous réserve de vérifications de la pratique,

VI. Considérations économiques.

Chez le chêne où le prix unitaire s'élève brusquement à partir d'une certaine dimension et où les gros bois sont proportionnellement mieux payés, il y aurait intérêt à rechercher, à côté de la composition normale au point de vue biologique, une distribution idéale des catégories de grosseur assurant le rendement financier le plus élevé, dans les conditions normales du marché habituel. Est-ce alors la composition issue du procédé de Huffel qu'il faut retenir ?

Les indications du tableau détaillé d'accroissement dans le cas de la composition normale d'une part, dans le cas de la distribution d'après le procédé de Huffel, d'autre part, et les données du marché du chêne de l'automne 1951 dans la région de Chimay-Mariembourg, nous ont permis d'accorder à l'accroissement pendant la rotation de 10 ans une valeur supérieure de 2500 fr, dans le second cas (17.800-15.300).

Mais nous n'avons considéré que le seul peuplement de chêne. Dans la futaie jardinée — type futaie claire de Huffel — les essences accessoires sont peu représentées et sous forme presque exclusive d'un taillis-souille de faible valeur. Dans la *futaie jardinée à structure étagée*, nous avons au contraire le bénéfice de l'accroissement non négligeable des essences d'appoint. Il peut compenser plus ou moins largement la perte financière due à la moins forte représentation des gros chênes.

Le principe de Huffel conduirait le plus souvent à un ralentissement marqué de la régénération avec des conséquences fâcheuses pour l'équilibre de la forêt. Considérant ce grave inconvénient et la supériorité économique relativement faible de ce procédé, il nous semble légitime d'adopter une distribution des arbres calquée sur la composition normale mais en renforçant quelque peu la représentation des gros bois, soit en étoffant les dernières catégories, soit en réservant quelques élites bien saines au-delà du terme habituel d'exploitabilité. On se rapprocherait ainsi, quoique d'assez loin encore, de la situation qui existerait dans la forêt naturelle (Voir Annexe II).

Conclusions.

Dans la forêt jardinée de chêne par bouquets, la répartition des bois entre les diverses catégories de grosseur se fait suivant une progression géométrique décroissante de raison constante — coefficient de Liocourt — comme dans la sapinière et la hêtraie jardinées, et non selon le principe de Huffel qui admet que toutes les catégories d'arbres doivent couvrir une surface égale de terrain.

Au point de vue biologique, le peuplement principal de chêne doit être complété par un peuplement d'essences accessoires qui couvre le sol, maintient et

---

nous pensons qu'en dernière analyse, à condition de maintenir la *structure étagée de la futaie*, le couvert total ne dépassera pas 7.000 m² même en fin de rotation. Il resterait donc 3.000 m² où loger les perchis, gaulis et semis de chêne !

améliore les qualités de la station et retentit favorablement sur la production totale.

Pour le chêne dont le marché apprécie particulièrement les grumes de fortes dimensions, il est intéressant, au point de vue économique, de renforcer la représentation des gros bois, dans les limites raisonnables compatibles avec la régénération de l'essence et l'équilibre de la forêt.

Gembloux, août 1952.

BIBLIOGRAPHIE

1. Delevoy, G. — De l'influence des éclaircies dans les pineraies. *Bull. Soc. Centr. For. Belgique.* 1935, pp. 311-416-483 ; 1936, p. 105.
2. Huffel, G. — Économie forestière. Tome troisième. 1926, pp. 463-467. Librairie agricole de la Maison rustique.
3. Jedlinski, W. — Recherches préliminaires aux tables de volume et d'accroissement des peuplements du pin sylvestre en Pologne (en polonais). Extrait d'un travail collectif : Recherches sur les particularités de la structure, du développement et de l'accroissement des peuplements du pin en Pologne, pp. 7-54. *Institut d'aménagement des forêts à l'école centrale agronomique à Varsovie.* 1932.
4. Jedlinski, W. — De l'utilisation des courbes de répartition de grosseurs et de hauteurs d'arbres, soit comme moyen d'investigation de la structure biologique des peuplements, soit pour préciser et représenter clairement les différents modes d'éclaircie (Résumé français, pp. 295-298). *Union Internationale des Instituts de Recherches forestières. Congrès de Nancy. Comptes rendus.* 1932.
5. Poskin, A. — Le chêne pédonculé et le chêne rouvre. Leur culture en Belgique, pp. 184-184. Bibliothèque agronomique belge. Éditeur : J. Duculot. Gembloux. 1934.
6. Schaeffer, A. — Conférence sur un essai de futaie jardinée feuillue. *Bull. Soc. For. Franche-Comté et des Provinces de l'Est.* 1920, p. 239.
7. Schaeffer, L. — Conférence sur la futaie feuillue d'allure jardinée. *Bull. Soc. For. Franche-Comté et des Provinces de l'Est.* 1931, pp. 134-139.
8. Schaeffer, L. — Le jardinage appliqué aux essences feuillues. *Bull. Soc. Centr. For. Belgique.* 1937, pp. 364-373.
9. Schaeffer, L. — Amélioration des taillis sous futaie. *Revue forestière française.* 1951, p. 548.
10. Schaeffer, L. — La futaie claire. *Bull. Soc. For. Franche-Comté et Belfort.* 1909-1910, p. 275.

Annexe I.

FORÊT COMMUNALE DE A.... TARIF DE CUBAGE (*).

Catégories de D en cm	Surface terrière en m^2	Volume en m^3
15	0.0177	0.153
20	0.0314	0.304
25	0.0491	0.458
30	0.0707	0.685
35	0.0962	0.919
40	0.1257	1.194
45	0.1590	1.512
50	0.1963	1.867
55	0.2376	2.100
60	0.2827	2.500
65	0.3318	2.900
70	0.3848	3.400
75	0.4418	4.000
80	0.5027	4.600
85	0.5675	5.200

Annexe II.

Un exemple de forêt naturelle de chêne.

Le présent travail était terminé quand nous avons eu l'occasion de lire une étude de F. REINHOLD[1] sur une forêt naturelle de chêne-hêtre de la région de Donaueschlingen.

En consultant des archives locales, l'auteur a découvert un inventaire de 1787 relatif à une forêt de 390 Ha restée intacte jusqu'alors. C'était une réserve de chasse où aucune exploitation n'était pratiquée. Elle a été détruite en tant que réserve au cours des diverses guerres successives.

LA STATION.

Voici quelques caractéristiques de la station :

Altitude : 670-730 m.

Climat : continental assez rude et extrême.
Température annuelle moyenne : 6°3 ; température moyenne de janvier : — 3°1, de juillet : 15°8.
Jours de gelée : 155 ; jours d'hiver : 39 ; jours de végétation : 154 ; période sans gelée : 67 jours.
Précipitations : 732 mm dont 437 mm de mai à septembre.

Sol : Pierreux, plutôt sec mais profond. 3^e classe de productivité pour le chêne.

(*) Tarif repris d'une parcelle d'expérience de la Station de Recherches forestières de Grœnendael.

[1] RHEINHOLD F. Zusammensetzung und Aufbau eines natürlichen Eichen-Buchenwaldes auf der Baar bei Donaueschlingen. Forst-Wissenschaftliches Centralblatt. 1949, pp. 691-698.

Le peuplement.

Le peuplement est une futaie stable de chêne pédonculé surtout et de hêtre complétés par quelques fruitiers et de rares autres feuillus (tilleul, érables, charme...). Le sol profond mais sec et les gelées réfrènent fortement la concurrence du hêtre. Malgré la présence de ce dernier, le chêne se régénère normalement, se maintient et prend finalement le dessus grâce à son extrême longévité.

La croissance du chêne est lente mais continue. Les dimensions suivantes : 60, 120 et 180 cm de D. seraient atteintes respectivement à l'âge de 200, 400 et 600 ans. Chez le hêtre, la grosseur limite serait 120 cm de D. à l'âge de 250 ans ; chez les fruitiers, elle serait de 70 cm de D. à 150 ans.

La composition du peuplement.

L'inventaire qui a été commencé à partir de 18 cm de D. et exécuté selon les anciennes mesures a été transposé par nous en catégories de D. de 5 en 5 cm comme suit :

Catégories	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75
Chêne	19.06	17.43	16.07	10.86	8.12	4.10	2.40	1.43	1.09	1.02	1.10	1.22
Hêtre	3.82	3.17	2.11	2.05	1.82	1.58	1.41	1.03	0.90	0.60	0.45	0.29
Fruitiers	1.00	0.50	←	—	—	0.50	—	—	—	→		

Catégories	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135
Chêne	1.20	1.11	1.11	0.74	0.59	0.58	0.44	0.20	0.20	0.15	0.09	0.15
Hêtre	0.22	0.11	0,11	0.09	0.09	0.03	0.05	0.05	0.04			

Catégories	140	145	150	155	160	165	170	175	180			
Chêne	0.11	0.11	0.09	0.05	0.05	0.04	0.04	0.03	0.03			

Il est loisible au lecteur de tracer les courbes correspondantes.

Composition moyenne à l'Ha : Nombre de tiges : 113.25 dont 91 chênes, 20 hêtres, 2 fruitiers et 0.25 feuillus divers.

Volume exprimé en bois de service : 137 m^3 dont 113 m^3 pour le chêne, 22 m^3 pour le hêtre et 2 m^3 pour les autres essences.

Surface terrière : 16.60 m^2 dont 13.58 m^2 pour le chêne, 2.92 m^2 pour le hêtre et 0.10 m^2 pour les autres feuillus.

La structure.

La forêt naturelle de chêne et d'essences d'appoint prend, sur des surfaces étendues, l'allure d'une futaie jardinée où se dessine nettement un excès de gros bois.

Cependant, la représentation des essences, la structure du peuplement et l'importance du matériel peuvent fortement varier de place en place.

Le rajeunissement.

L'excès de gros bois qui pèse normalement sur la régénération est atténué par l'étagement des cimes en hauteur. La rajeunissement, dans le cas présent, est juste suffisant mais continu. La concurrence du hêtre est amoindrie par les conditions de climat et de sol et contrebalancée par la grande longévité du chêne.

Dans la forêt cultivée, l'homme a retiré au chêne le précieux avantage de cette grande longévité et a ainsi affaibli la résistance biologique de l'espèce. M. B.

Institut Agronomique de l'Etat à Gembloux,
Chaire de Chimie générale.

Centre de recherches
sur les champignons

Contribution à l'étude du métabolisme azoté dans les champignons.
I. Répartition des acides aminés dans *Agaricus hortensis* var. *alba*.

par J. Casimir et T. Trzcinski.

INTRODUCTION.

Les protides constituent la principale source de nutrition azotée des champignons supérieurs. Kligman (1) écrit à ce sujet que l'azote est l'élément le plus important qui conditionne la croissance des champignons, tant par sa forme que par l'optimum de sa concentration. L'étude du métabolisme de l'azote organique chez les champignons présente donc un intérêt tout particulier.

Plusieurs auteurs ont étudié la répartition des acides aminés dans les plantes et les fruits par analyse chromatographique sur papier. Un précédent article contient la bibliographie relative à ce sujet (2). Nous avons pensé qu'il était utile d'appliquer cette méthode au cas des champignons.

Parmi les publications récentes, il faut signaler le travail de Smith et Agiza (3) qui ont étudié les acides aminés d'une série d'herbes, de céréales et de fougères et celui de Roberts et Wood (4) qui concerne les acides aminés des feuilles de tabac ; un extrait aqueux de celles-ci contient de l'acide aspartique, de l'acide glutamique, de la glutamine, de l'asparagine et plusieurs acides aminés dont l'acide γ aminobutyrique.

Kandler (5) a recherché par chromatographie sur papier les acides aminés se trouvant dans les solutions de nutrition ayant servi à l'aquiculture de racines de maïs. Yoshino (6) a mis en évidence de la même façon différents sucres et acides aminés libres dans le jus cuit de fèves de soya après en avoir éliminé les matières minérales.

Il ressort de résultats non encore publiés (7) que les composts fournissent l'azote aux champignons principalement sous forme de longs peptides et de

protéines ; il est probable que les champignons hydrolysent, par l'intermédiaire d'un système d'enzymes protéolytiques, ces peptides et protéines pour permettre leur entrée dans les cellules sous forme d'acides aminés libres et de peptides de bas poids moléculaire.

Dans les champignons comme dans les organismes végétaux, les protéines jouent un rôle de réserve azotée susceptibles de céder à tout moment par scission les acides aminés nécessaires. Les champignons possèdent des protéases ; en effet, la quantité d'acides aminés libres déterminée par formol-titration dans un extrait aqueux à 37° C augmente en fonction du temps ; la présence d'acides aminés libres en équilibre avec les protéines pendant la croissance du champignon et même après celle-ci est due à l'action de ces enzymes.

Il nous a paru intéressant d'étudier la répartition des acides aminés dans des hydrolysats effectués sur le pied, le chapeau et les lamelles de champignons de couche (Agaricus hortensis Cooke var. alba) ainsi que celle des acides aminés libres dans des champignons cueillis à différents stades de croissance, les analyses ont porté sur les parties suivantes : les parties inférieures et supérieures du pied, la partie extérieure du chapeau, l'intérieur du chapeau et les lamelles.

Techniques.

Selon Dent, Stepka et Steward (8) l'extraction des acides aminés libres doit être réalisée par l'alcool éthylique 70 à 80 % ce qui permet d'obtenir une solution presqu'exempte de peptides. Les acides aminés ont été extraits à partir de la matière écrasée par de l'alcool titrant finalement 80 %, en tenant compte de la teneur en eau des champignons ; dans chaque cas 20 grammes de matière fraîche ont été extraits par 100 c. d'alcool.

Les hydrolyses ont porté sur 2,5 grammes de matière fraîche traitée en tube scellé sous pression réduite par 3 cc. d'acide chlorhydrique concentré pour analyse et par 0,75 cc. d'eau distillée de façon à opérer en présence d'une concentration en acide 5,5 N. On a déposé sur le papier dans le cas des hydrolysats cinq gouttes et dans le cas des extraits alcooliques vingt gouttes. La chromatographie a été conduite bidimensionnellement dans une direction par le mélange butanol-acide formique-eau et dans l'autre par le phénol saturé d'eau ; les autres conditions sont celle indiquées dans un précédent article (2).

Résultats et conclusions.

Les essais ont été effectués sur des champignons poussant sur des couches à base de fumier de cheval fermenté en fin de production. Nous avons analysé les différentes parties de champignons de petite taille, de champignons de grandeur moyenne et de champignons grands et ouverts. Dans le cas des petits champignons nous avons analysé globalement le pied et le chapeau. Pour chaque essai nous avons déterminé le poids frais, le poids sec, la quantité d'azote de la matière fraîche et celle de l'extrait alcoolique.

TABLEAU I. — *Répartition des acides aminés dans les petits champignons* (diamètre moyen 1,5 cm.).

Parties des champignons :	Pied	Chapeau et lamelles
	gr.	gr.
Poids frais	101,1	101,1
% matière sèche	8,931	10,72
% N total de la matière fraîche	0,789	0,376
% N passé dans l'extrait alcoolique	0,264	0,235
Acides aminés :		
Acide aspartique	+	+
Acide glutamique	++	++
Asparagine	+	+
Glutamine	++	++
Sérine	++	++
Glycocolle	+	+
Thréonine	?	+
Alanine	++++	+++
Acide γ aminobutyrique	++	++
Lysine Arginine	+	++
Histidine	–	+
Proline	–	–
Valine	?	–
Leucine Phénylalanine	–	–
Tryptophane	–	–

TABLEAU 2. — *Répartition des acides aminés dans les champignons moyens* (diamètre moyen 4,2 cm.).

Parties des champignons :	Pied		Chapeau	Lamelles
	Partie inférieure	Partie supérieure		
	gr.	gr.	gr.	gr.
Poids frais	500	500	500	500
% matière sèche	11,53	10,73	11,26	9,15
% N total de la matière fraîche	0,628	0,645	1,047	0,647
% N passé dans l'extrait alcoolique	0,211	0,211	0,253	0,311
Acides aminés :				
Acide aspartique	+	+	++	++
Acide glutamique	++	+++	+++	++++
Asparagine	+	?	+	+
Glutamine	++	++	++	++
Sérine	++	+	++	++
Glycocolle	+	+	++	++
Thréonine	+	–	+	+
Alanine	+++	+++	++++	++++
Acide γ aminobutyrique	++	++	+++	++++
Lysine Arginine	+	+	+	+
Histidine	+	+	++	+
Proline	–	–	–	?
Valine	–	–	–	–
Leucine Phénylalanine	–	–	–	–
Tryptophane	–	–	–	–

TABLEAU 3. — *Répartition des acides aminés dans les champignons grands et ouverts* (diamètre moyen 7 cm.).

Parties des champignons :	Pied		Chapeau		Lamelles
	Partie inférieure	Partie supérieure	Partie extérieure	Partie intérieure	
	gr.	gr.	gr.	gr.	gr.
Poids frais	85	85	85	85	85
% Matière sèche	13,22	12,59	11,56	7,2	7,9
% N total de la matière fraîche	0,783	0,526	0,750	0,418	0,693
% N passé dans l'extrait alcoolique	0,219	0,175	0,093	0,184	0,194
Acides aminés :					
Acide aspartique	+	+	+	++	+
Acide glutamique	++	+++	++	+++	+++
Asparagine	+	?	–	+	+
Glutamine	+	++	+	+++	+
Sérine	+	+	+	++	+
Glycocolle	+	+	–	++	+
Thréonine	–	?	–	+	+
Alanine	++++	++++	++	++++	++++
Acide γ aminobutyrique	+++	+++	++	++	+++
Lysine Arginine	+	+	–	+	+
Histidine	?	+	–	+	–
Proline	–	–	–	?	+
Valine	–	–	–	–	+
Leucine Phénylalanine	–	–	–	?	?
Tryptophane	–	–		–	?

On remarque qu'au début de la croissance du champignon la plus grande partie de l'azote organique se trouve dans le pied ; par après, au fur et à mesure de l'élaboration des tissus, cette concentration diminue légèrement mais augmente dans le chapeau. Dans le cas des champignons ouverts, la concentration en azote diminue à l'intérieur du chapeau mais augmente dans les lamelles ce qui correspond à la translocation de l'azote vers les lamelles en vue de la sporulation. La fraction azotée soluble dans l'alcool 80 % paraît relativement moins importante dans le cas des champignons ouverts, cette diminution semble provoquée par la peptidisation des acides aminés au cours de l'élaboration du complexe des protéines du champignon.

Il résulte de l'examen des différents chromatogrammes que dans chaque cas, l'alanine, l'acide glutamique et l'acide γ aminobutyrique sont les acides aminés les plus importants ; l'acide γ aminobutyrique est vraisemblablement un produit de décarboxylation de l'acide glutamique ; on sait que les enzymes sont susceptibles de réaliser cette transformation

$$\mathrm{COOH\text{-}CH(NH_2)\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}COOH} \xrightarrow{-CO_2} \mathrm{NH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}COOH}$$

TABLEAU 4. — *Répartition des acides aminés dans les hydrolysats de champignons.*

Parties des champignons :	Pied	Chapeau	Lamelles
Acides aminés :			
Acide aspartique	++	++	++
Acide glutamique	++++	++++	++++
Sérine	++	++	++
Glycocolle	++	++	++
Thréonine	++	++	++
Alanine	++++	+++++	+++++
Acide γ aminobutyrique	+	++	++
Lysine	++	++	++
Arginine / Histidine	++	++	+++
Proline	+	+	+
Valine	+	++	++
Leucine / Phénylalanine	+	++	+
Tryptophane	+	–	?

Le spot de la glutamine est assez intense, l'asparagine est présente à l'état de traces ; les champignons sont pauvres en acides aminés basiques libres ; la proline, la valine, la leucine et la phénylalanine en sont presqu'absentes et il n'y a pas de tryptophane. Dans les tableaux nous n'avons pas indiqué la présence de spots dont nous n'avons pu exactement déterminer la nature : une tache

rose devant l'acide glutamique un spot peu intense en dessous de ce même acide aminé et sur la plupart des chromatogrammes un spot intense devant la lysine de Rf voisins de ceux de l'ornithine et de la taurine.

La répartition des acides aminés après hydrolyse se révèle semblable dans les différentes parties des champignons ; les spots de l'acide γ aminobutyrique, de la valine, de la leucine et de la phénylalanine sont moins intenses dans les chromatogrammes effectués à partir d'un hydrolysat de pieds de champignons.

Signalons la présence sur les chromatogrammes de traces de tyrosine et de cystine et du spot proche de la lysine ; l'intensité de cette tache peut être comparée à celle du spot de la lysine.

Nous adressons nos vifs remerciements à Messieurs les Professeurs M. Renard et A. Willam pour les conseils qu'ils ont bien voulu nous prodigués au cours de ce travail.

(Travail subsidié par l'I. R. S. I. A.).
et par le
Centre National de Chimie Organique).

Résumé.

Les auteurs ont étudié la répartition des acidés aminés dans les extraits alcooliques et des hydrolysats des différentes parties de l'*Agaricus hortensis* variété *alba* ; l'alanine, l'acide glutamique et l'acide γ aminobutyrique sont les acides aminés les plus importants.

BIBLIOGRAPHIE

1. Kligman, A. M., 1950. — *Handbook of mushroom culture*, J. B. Swayne, Kennet Sq. Pa.
2. Casimir, J., 1952. — *Bull. Inst. Agron. Stat. Rech. Gembloux, XX*, 33.
3. Smith, A. M., Agiza, A. H., 1951. — *J. Sci. Food Agric.*, **2**, 503.
4. Roberts, E. A. H., Wood, D. J., 1951. — *Arch. Biochem. Biophys.*, **33**, 340.
5. Kandler, O., 1951. — *Z. Naturforsch.*, **6b**, 437.
6. Yoshino, H., 1951. — *Nippon Jôzô Kyôkai Zasshi*, **46**, K, 7.
7. Casimir, J., Trzcinski, T. — (à paraître).
8. Dent, C. E., Stepka, W., Steward, F. C., 1947. — *Nature*, **160**, 682.

Station de Chimie et de Physique Agricoles.

Dispositif permettant d'éliminer l'inertie des appareils enregistreurs à leviers et plus spécialement des barographes

par G. Demortier.

L'enregistrement des variations de certains facteurs météorologiques à l'aide d'appareils à leviers présente souvent le grave inconvénient de diminuer les amplitudes de ces variations et de masquer les plus faibles d'entre elles.

Pour ce qui concerne les baromètres anéroïdes et les barographes à boîtes de Vidi, un léger tapottement sur le boîtier provoque souvent une brusque descente ou montée de l'aiguille ou du stilet lorsque la pression barométrique baisse ou augmente.

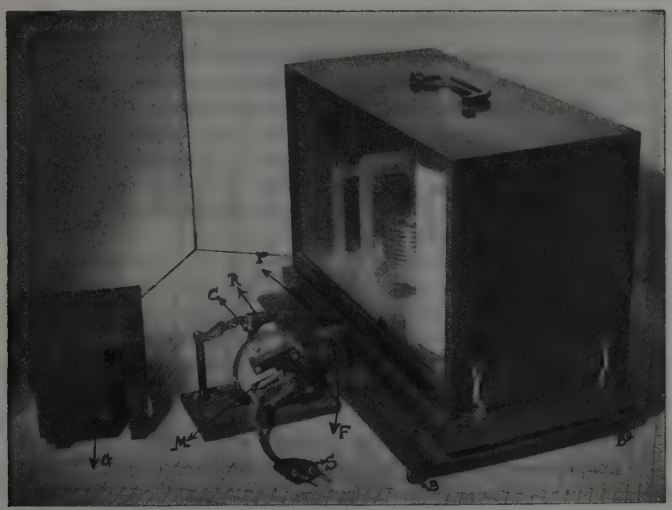


Fig. 1.

Le petit dispositif que nous proposons ici permet d'augmenter considérablement la sensibilité de ce type d'enregistreur fréquemment en usage dans les Stations météorologiques.

Il est de construction facile, peu coûteux et se place instantanément sur tous les enregistreurs à leviers.

On utilise (figure 1) un micro-moteur électrique combiné avec un démultiplicateur (M) permettant à l'axe de sortie, de ce dernier, d'effectuer un tour complet en une minute.

Sur cet arbre a été fixé une came spiraliforme (C) soulevant un petit marteau (P) qui, en retombant après le soulèvement, vient frapper, toutes les minutes, le plateau supportant l'appareil enregistreur par l'intermédiaire d'un blochet (F) Ce plateau est posé sur 4 bouchons (B) de caoutchouc souple.

La fiche S permet l'arrivée du courant électrique au moteur M. Nous avons placé à l'extrémité du marteau P, un petit morceau de tube de caoutchouc qui, bien que ne diminuant nullement la sensibilité, rend le dispositif peu bruyant. En R, se trouve un très petit roulement à billes qui roule sur la came. La capot G a été retiré pour permettre la photographie du moteur et des accessoires.

Les trois plans, garnis de papier millimétrique, donnent la possibilité, sans trop de difficultés, de connaître les dimensions des divers organes.

Le fonctionnement est bien simple : toutes les minutes, le choc léger provoqué par la chute du marteau (P) sur le plateau amène le système de leviers et d'axes de l'enregistreur dans sa position d'équilibre. Nous donnons, ci-dessous, les caractéristiques du petit appareil qui fonctionne sans arrêt depuis plus d'un an à la Station de Chimie et de Physique Agricoles de l'État.

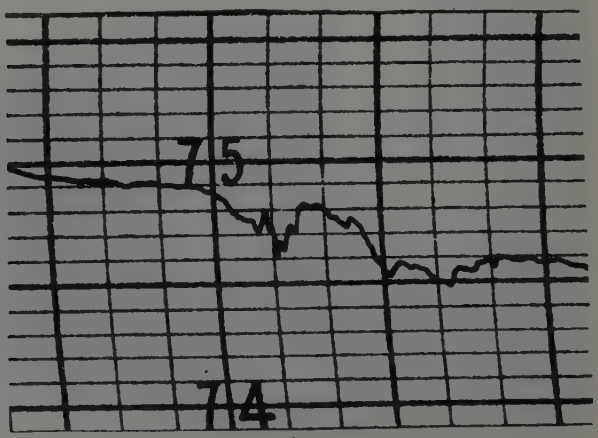


FIG. 2.

Moteur synchrome SAPMI (Valence-France).

Périodes = 50
Ampère = 0.25
Volts = 220
Couple maximum de synchronisme 2.500 Kgs/cm.

La consommation horaire n'est donc que de 55 Watts.

La figure 2 est une reproduction photographique d'une portion de l'enregistrement hebdomadaire obtenue au cours de la journée orageuse du 13 août 1952.

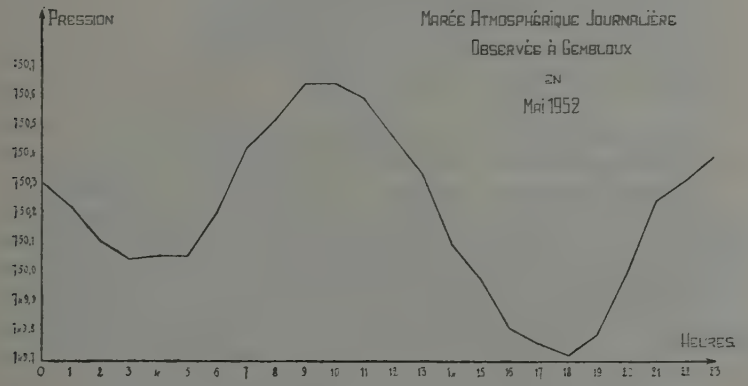


Fig. 3.

Enfin, les relevés horaires de la pression barométrique obtenus par cet enregistrement sensibilisé permettent très aisément de mettre en relief la double marée atmosphérique journalière.

A titre d'exemple, la figure 3, montre la double marée atmosphérique journalière moyenne qui s'est manifestée à Gembloux en mai 1952.

* * *

RÉSUMÉ

Un micromoteur couplé à un système démultiplicateur et à une came permet à un petit moteur de provoquer, par exemple, toutes les minutes, un léger choc sur le boîtier de l'enregistreur. Le système d'axes et de leviers de l'instrument peut donc atteindre sa position d'équilibre aussi fréquemment qu'on le désire. La sensibilité de l'enregistreur est augmentée. La figure 1 est une photographie du dispositif adapté à un barographe. Les graphiques 2 et 3 montrent le degré de sensibilité des courbes obtenues.

Station de Phytopharmacie. Laboratoire forestier de l'État.

Essai de protection des plants forestiers contre les dégâts du petit gibier (lapin et lièvre) (*)

par L. Detroux et J. Fouarge.

Chaque année, on déplore dans toutes les plantations forestières et fruitières des dégâts importants dus aux morsures du lapin, du lièvre et de petits rongeurs.

Ces ravages apparaissent surtout à la fin de l'automne au moment où les campagnes sont dénudées, où les herbages se raréfient et se dessèchent ; ils sont les plus importants en hiver, par neige persistante. Il n'est pas rare cependant que des écorcements graves se remarquent même au cours de la bonne saison.

Les différentes essences forestières ne sont pas également appréciées par le gibier ; certaines d'entre elles sont pratiquement immunes.

Les jeunes plantations sont les plus exposées, surtout immédiatement après le repiquage. Dans celles-ci, ce sont les espèces peu représentées, particulièrement les espèces exotiques, qui paient le plus lourd tribut aux déprédateurs. Les jeunes plants atteints par la dent du gibier souffrent d'autant plus qu'ils sont affaiblis par la transplantation. L'écorcement annulaire complet provoque la mort de la partie aérienne située au-dessus de la blessure. Certains pieds émettent un ou plusieurs rejets, eux-mêmes fréquemment abroutis. Des déchets plus ou moins importants se produisent, des vides se creusent, des plantations tout entières sont souvent compromises.

La protection au moyen de clôtures ou de gaines individuelles en treillis de fil de fer, quoiqu'étant de longue durée et son matériel susceptible de réemploi, est très onéreuse. C'est pourquoi nous avons voulu vérifier l'efficacité de certains produits peu coûteux et avons envisagé d'autres procédés.

1. Détail de l'expérience et résultats obtenus au cours de la période 1949-1950.

1) *Détail de l'expérience.*

Les essais ont été réalisés dans le Bois de Buis, à 6 kilomètres de Gembloux.

(*) Reçu pour imprimer le 10 octobre 1952.

Dans une clairière de 30 ares (50 m × 60 m), on a planté 180 sujets de chacune des 17 espèces forestières suivantes : Hêtre, Frêne, Peuplier du Canada, Peuplier blanc, Charme, Chêne pédonculé, Chêne d'Amérique, Châtaignier, Érable sycomore, Aune glutineux, Aune blanc, Mélèse du Japon, Bouleau, Robinier faux-acacia, Coudrier, Saule marceau, et Cerisier de Virginie. La superficie totale a été divisée en 3 parcelles, équivalant à 3 répétitions (A, B, C), elles-mêmes subdivisées en 12 compartiments comportant 5 plants de chacune des 17 espèces mentionnées ci-dessus.

Les 10 produits suivants ont été expérimentés : le goudron de houille, la créosote, le créosite, le carbolineum brut (fournis gracieusement tous les quatre par le S. A. le Créosotage Universel, à Charleroi), le goudron végétal à 7 % d'acidité (offert par les Établissements Lambiotte et C^ie^, à Bruxelles), l'huile de poisson, 2 produits commerciaux : Spraymoline (Selchim, à Bruxelles) et Rodinol (Bayer Agro-Chimie, à Saint-Trond), 2 préparations de laboratoire contenant :

a) du carbolineum émulsionné (10 %) et du caséinate de Calcium (5 %) en émulsion aqueuse ;

b) du carbolineum émulsionné (10 %) et du Good-Rite P. E. P. S. (10 %) en émulsion aqueuse [préparation commerciale d'un dérivé de la fabrication du caoutchouc synthétique, le polyéthylène polysulfure, recommandé comme adhésif pour bouillies de produits phytopharmaceutiques appliqués en pulvérisation (B. F. GoodRich Chemical C^o^, Cleveland, Ohio, U. S. A.)].

Dans la onzième parcelle nous avons enveloppé le pied des jeunes plants, sur une hauteur de 0,60 m environ, d'une guêtre de papier Kraft serrée au moyen de 3 ligatures de chanvre. La douzième parcelle constituait la partie témoin.

La surface à planter a été préalablement clôturée d'un treillis de fil de fer à mailles de 40 mm, haut de 1,55 m, destiné à interdire l'accès au chevreuil. Au niveau du sol, un espace libre de 25 cm livrait passage au lapin et au lièvre.

La plantation et l'application des produits furent effectuées les 20 et 21 décembre 1949, par temps couvert ; durant les opérations, il y eut quelques ondées peu importantes, mais le travail n'en fut pas interrompu. Le soir du 20 décembre, environ 1/2 heure après que l'on eut terminé, une très forte averse survint, qui dura une heure et demie environ. Le 21, le ciel était couvert.

En cours d'application, nous avons relevé les quantités de produit utilisées pour le traitement des plants de chacun des compartiments et le temps nécessaire à l'accomplissement de l'opération. Le tableau I condense toutes ces données en même temps qu'il indique l'ordre du compartimentage.

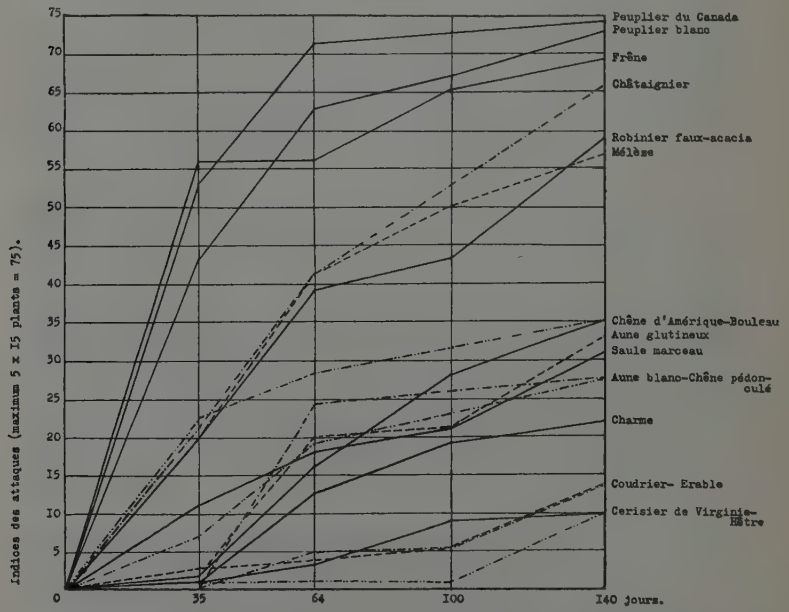
Les observations relatives aux attaques et à la reprise furent effectuées les 24 janvier, 22 février, 30 mars, 9 mai, 7 juillet et 6 septembre 1950.

Afin de chiffrer, aussi exactement que possible, les dégâts éventuels subis par chaque sujet en particulier, nous avons établi le code d'appréciation suivant :

décortication très importante (écorce broutée sur toute la circonférence) . . 5
décortication importante (écorce broutée sur presque toute la circonférence) 4
décortication assez importante (nombreuses morsures laissant entre elles des lambeaux d'écorce) 3
décortication peu importante (2 à 3 morsures) 2
décortication très peu importante (1 morsure) 1

Pour 15 plants de la même espèce (3 répétitions de 5 plants) le maximum du dommage est donc de $5 \times 15 = 75$.

Les résultats globaux pour chaque produit (ensemble des résultats relevés sur 3 compartiments) des observations effectuées au cours des 4 premières visites sont donnés dans les tableaux II, III, IV et V. Le graphique 1, relatif aux courbes de fréquence des attaques dans les compartiments témoins, a permis d'établir l'ordre de préférence du gibier selon les essences.



Graphique 1. — Courbes de fréquence des attaques suivant les espèces dans les compartiments témoins.

TABLEAU I.

Numéro d'ordre	Produits	Origines	Quantités utilisées pour 255 plants (3 compartiments)	Quantités nécessaires pour 1000 plants	Temps nécessaire pour l'application sur 255 plants (3 compartiments)	Temps nécessaire pour l'application sur 1000 plants
1	Spraymoline	Selchim, Bruxelles	1,000 lit.	3,900 lit.	30 min.	2 heures
2	Goudron de houille	Créosotage Universel, Charleroi	1,800 kg	7,100 kg	52 min.	3 h. 30
3	Créosite	»	1,250 kg	4,900 kg	41 min.	2 h. 40
4	Créosote	»	2,000 kg	7,800 kg	45 min.	3 h.
5	Carbolineum	»	2,250 kg	8,800 kg	45 min.	3 h.
6	Rodinol	Bayer-Agro-Chimie, St-Trond	2.000 kg	7,800 kg	46 min.	3 h.
7	Goudron végétal	Lambiotte, Bruxelles	1,500 lit.	5,900 lit.	50 min.	3 h. 20
8	Carbolineum + Good-Rite P.E.P.S.	—	0,900 lit.	3,500 lit.	32 min.	2 h. 10
9	Carbolineum + Caséinate de Ca	—	0,850 lit.	3,250 lit.	31 min.	2 h.
10	Papier Kraft	—	35 m² de papier et 150 m de ficelle	130 m² de papier et 600 m de ficelles	7 h 20	28 h 40
11	Huile de poisson	—	1 lit 000	3,900 lit.	39 min.	2 h 30
12	Témoin	—	—	—	—	—

N. B. — Les conditions d'application étaient idéales, les plants étant proches les uns des autres (1 m 50 × 1 m 50) et le sol propre.

Tableau II.

PRODUITS	Agglomération des dégâts après 24 jours de Janvier																					Total pour les 24 essais
	Hêtre	Epicéa	Pseudotsuga Douglasii	Pseudotsuga taxifolia	Pseudotsuga glauca	Chêne pédonculé	Chêne d'Amérique	Chêne à feuilles de Châtaignier	Chêne hybride	Aune blanc	Aune glutineux	Mélèze du Japon	Bouleau	Bouleau blanc	Charme	Frêne commun	Frêne indigène	Cerisier	Tilleul à grandes feuilles	Tilleul à petites feuilles	Cerisier de Virginie	
Spiroxymoline	—	42	20	42	1	—	—	—	—	—	—	43	—	44	1	20	—					31
Goudron de houille	—	2		—	—	—	—	—	—	—	—	4	—	—	—	2	—					12
Créosite	—	9	3	—	—	—	—	—	—	—	—	4	—	7	—	—	—					25
Créosote	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5	—	—	—					5
Carbolineum	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	—	—	—					2
Rodinol	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					—
Goudron végétal	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—					1
Carbolineum — Good-Rite P E P S	—	27	20	11	1	—	4	—	—	—	—	23	1	22	—	8	—					121
Carbolineum — Casemate de Ca	1	24	27	5	—	—	5	—	—	—	3	7	1	30	—	7	—					150
Papier Kraft	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					—
Huile de poisson	1	9	15	9	—	1	2	—	2	2	5	—	—	—	—	1	—					47
Temoin	1	50	55	43	1	7	21	21	—	—	2	20	1	20	3	14	1					205

Tableau III.

PRODUITS	Agglomération des dégâts après 24 jours de Février																					Total pour les 24 essais
	Hêtre	Epicéa	Pseudotsuga Douglasii	Pseudotsuga taxifolia	Pseudotsuga glauca	Chêne pédonculé	Chêne d'Amérique	Chêne à feuilles de Châtaignier	Chêne hybride	Aune blanc	Aune glutineux	Mélèze du Japon	Bouleau	Bouleau blanc	Charme	Frêne commun	Frêne indigène	Cerisier	Tilleul à grandes feuilles	Tilleul à petites feuilles	Cerisier de Virginie	
Spiroxymoline	—	45	43	38	9	7	9	10	—	10	9	37	5	24	2	20	5					277
Goudron de houille	1	2	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	9	—	2	—					15
Créosite	—	4	6	2	—	—	—	2	—	1	1	10	—	9	—	—	—					42
Créosote	2	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	5	2	2	—					15
Carbolineum	1	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	5	3	—	—					9
Rodinol	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					—
Goudron végétal	—	—	3	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—	6	—	2	—					12
Carbolineum — Good-Rite P E P S.	—	41	47	31	5	1	4	23	1	2	1	20	4	37	2	20	2					239
Carbolineum — Casemate de Ca	1	41	58	38	7	10	2	32	5	5	3	25	14	55	3	8	1					308
Papier Kraft	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					—
Huile de poisson	1	14	8	5	—	2	3	1	5	—	3	—	—	—	1	—	—					42
Temoin	—	50	71	63	15	10	28	41	5	24	20	41	10	59	4	18	3					402

Tableau IV

PRODUITS	Appréciation des dégâts après 100 jours : le 30 Mars																			Total pour les 17 essences
	Hêtre		Frêne		Peuplier du Canada, type robusta		Peuplier blanc		Charme		Chêne pédonculé		Chêne d'Amérique		Châtaignier		Erable sycomore		Aune blanc		Aune glutineux		Mélèze du Japon		Bouleau		Robinier faux-acacia		Coudrier		Saule marceau		Cerisier de Virginie	
Spraymoline	7	60	64		53	10	11	17	36		4	10	19	51	21	30	4	21	7													425
Goudron de houille	—	1	3		2	—	—	—	2		—	—	2	11	—	2	1	1	—													25
Créosite	—	5	12		2	—	—	—	1		—	—	2	11	1	12	—	1	—													47
Créosote	—	2	1		—	—	—	—	—		1	—	—	1	2	7	2	2	—													17
Carbolineum	—	2	1		—	—	—	—	—		—	—	—	—	—	3	3	—	—													10
Rodinol	—	—	—		—	—	—	—	—		—	—	—	7	—	1	—	—	—													8
Goudron végétal	—	—	3		—	—	—	—	—		—	—	2	—	—	6	—	4	—													15
Carbolineum + Good-Rite P. E. P. S.	15	60	66		53	7	19	14	34		5	4	5	43	12	39	2	20	4													402
Carbolineum + Caséinate de Ca	6	60	68		66	20	15	32	44		12	10	5	46	37	57	6	23	4													511
Papier Kraft	—	1	2		—	—	—	—	—		—	—	—	2	—	—	—	—	—													5
Huile de poisson	—	14	12		8	—	2	3	2		5	—	4	13	1	1	1	2	4													72
Témoin	—	65	73		67	18	23	31	53		6	26	21	50	28	43	6	21	9													540

Tableau V

PRODUITS	Appréciation des dégâts 140 jours : les 9 et 10 Mai																			Total pour les 17 essences
	Hêtre		Frêne		Peuplier du Canada, type robusta		Peuplier blanc		Charme		Chêne pédonculé		Chêne d'Amérique		Châtaignier		Erable sycomore		Aune blanc		Aune glutineux		Mélèze du Japon		Bouleau		Robinier faux-acacia		Coudrier		Saule marceau		Cerisier de Virginie	
Spraymoline	7	60	69		62	16	18	22	40		7	13	29	53	37	32	16	37	7													525
Goudron de houille	—	2	3		2	—	—	—	2		—	—	2	13	2	6	1	4	—													37
Créosite	—	9	16		4	—	—	—	2		—	—	3	16	1	13	—	3	—													67
Créosote	—	2	3		—	—	—	—	—		2	—	4	3	9	2	2	—														27
Carbolineum	—	3	2		1	—	—	—	2		2	—	2	2	—	3	3	—	—													20
Rodinol	—	11	12		12	1	2	2	3		4	5	1	8	—	1	—	—	—													62
Goudron végétal	—	—	11		2	—	—	—	—		—	2	—	4	2	6	—	4	—													31
Carbolineum + Good-Rite P. E. P. S.	18	65	70		66	15	23	18	40		12	9	5	63	27	42	2	22	6													503
Carbolineum + Caséinate de Ca	8	67	75		72	26	22	35	57		13	18	15	57	40	58	6	28	8													605
Papier Kraft	—	3	2		—	—	—	—	—		—	—	—	2	—	—	—	—	—													7
Huile de poisson	—	22	12		22	—	2	3	7		5	8	9	17	1	16	3	4	4													135
Témoin	10	69	74		73	22	28	35	66		14	28	33	57	35	59	14	31	10													658

Dans la suite de l'exposé, il sera question de l'action répulsive des produits à l'égard du gibier et de leur effet nocif ou phytotoxique éventuel sur les jeunes plants. A partir de la deuxième année, il nous a paru commode de rapporter les observations relatives à chacun de ces points. Mais le lecteur s'exposerait à de graves mécomptes si, limitant son information aux données du premier des dits points, il se hâtait de transposer celles-ci sur le plan pratique. Un produit à pouvoir répulsif excellent et durable est éventuellement susceptible de brûler l'écorce des sujets sur lesquels on l'applique et de faire mourir la jeune tige. Il est donc absolument nécessaire de s'en tenir, à cet égard, aux conclusions générales qui terminent notre rapport.

2. *Conclusions des observations effectuées en* 1950.

1° *Analyse comparée, en prenant en considération chacune des essences, de l'action répulsive des produits vis-à-vis du gibier et phytotoxique à l'égard des plants.*

Hêtre : Protection presque totale ; la plus faible, avec l'indice 15/25, en 8C (Carbolineum + Good-Rite P.E.P.S.) où 2 sujets sont morts. Il semble qu'il n'y ait eu aucune action nocive des produits sur les jeunes plants.

Frêne : Dans les compartiments suivants : 1 (Spraymoline), 8 (Carbolineum + Good-Rite P.E.P.S.), 9 (Carbolineum + Caséinate de Ca) et 12 (Témoin). la protection a été presque nulle. Toutefois, malgré l'importance des attaques, la reprise y est meilleure que chez les essences telles que le peuplier blanc, le peuplier du Canada, le châtaignier, le bouleau, également ou moins attaquées. Les autres produits ont été suffisamment efficaces, exception faite pour l'huile de poisson.

Peuplier du Canada : Attaques très importantes dans les compartiments 1 (Spraymoline), 8 (Carbolineum + Good-Rite P.E.P.S.), 9 (Carbolineum + Caséinate de Ca) et 12 (Témoin) ; dans ce dernier, la reprise est quasi nulle (1 à 2 plants sur 15). Les autres produits ont offert une protection suffisante et n'ont apparemment pas exercé d'action nocive sur les jeunes sujets.

Peuplier blanc : Mêmes observations que chez le peuplier du Canada ; toutefois la reprise a été ici, en général, meilleure encore ; de nombreux plants dont la tige principale s'est desséchée ont émis des rejets. La même remarque qu'en ce qui concerne le frêne est à faire au sujet de l'huile de poisson.

Charme : Attaques peu importantes dans les compartiments 1 (Spraymoline), 8 (Carbolineum + Good-Rite P.E.P.S.), 9 (Carbolineum + Caséinate de Ca) et 12 (Témoin). La protection est pour ainsi dire complète dans les autres compartiments et les produits étudiés semblent avoir été sans action caustique sur la végétation.

Chêne pédonculé et Chêne d'Amérique : Attaques assez régulières dans les compartiments 1 (Spraymoline), 8 (Carbolineum + Good-Rite P. E. P. S.), 9

FIG. 1. — Ensemble de deux parcelles dont l'une n'a été qu'imparfaitement protégée (1re ligne, voir les 5 plants de gauche), la seconde ayant été traitée par un produit efficace (1re ligne, voir les 5 plants de droite.)

FIG. 2. — Aspect qu'offrait, après le troisième hiver, une parcelle protégée au moyen de papier renouvelé à la fin de la première année.

FIG. 3. — Aspect d'une parcelle témoin au cours de la troisième année.

FIG. 4. — Jeune hêtre à l'écorce corrodée par le goudron de houille.

(Carbolineum + Caséinate de Ca) et 12 (Témoin) ; toutefois le chêne d'Amérique semble un peu plus recherché que le chêne du pays, mais celui-ci succombe plus rapidement sous l'effet des morsures. Les autres produits étudiés offrent une bonne protection bien que la reprise du chêne du pays semble avoir été contrariée par le goudron de houille, la créosote, le carbolineum et le goudron végétal.

Châtaigner : Attaques régulières et parfois très importantes dans les compartiments 1 (Spraymoline), 8 (Carbolineum + Good-Rite P.E.P.S.), 9 (Carbolineum + Caséinate de Ca) et 12 (Témoin). L'espèce s'est classée parmi les plus recherchées ; elle prend la 4e place, dans l'ordre de préférence, après les deux peupliers et le frêne. Les autres produits se sont montrés efficaces bien que le goudron de houille et le créosite semblent avoir provoqué un certain déchet lors de la reprise. Il y a toutefois lieu de signaler que 2 plants ont dépéri dans chacun des compartiments 11 (Huile de poisson) et 12 (Témoin), sans que le lapin ait pu être mis en cause. Presque tous les plants dont la tige s'est desséchée ont émis des rejets.

Érable : Attaques très peu importantes. La reprise est assez irrégulière dans le compartiment 10 (Papier) ainsi que dans les compartiments 8 (Carbolineum + Good-Rite P. E. P. S.) et 9 (Carbolineum + Caséinate de Ca) où des plants exempts de morsures se sont desséchés. Nous avons, au surplus noté une reprise très faible dans les compartiments traités au goudron de houille.

Aune blanc et Aune glutineux : Attaques assez régulières mais très rarement importantes. Toutefois, on a constaté un certain déchet à la reprise, surtout chez l'aune blanc. Dans les parcelles 1 (Spraymoline), 8 (Carbolineum + Good-Rite P.E.P.S.), 9 (Carbolineum + Caséinate de Ca) et 12 (Témoin) ; les résultats ont été faussés, un chevreuil se serait introduit dans l'enceinte et de nombreux aunes, surtout des aunes glutineux ont été sectionnés, dégât qu'il n'est guère permis d'imputer au lapin. Cet accident ne s'est pas rencontré sur d'autres essences. Le goudron de houille et le créosite ont contrarié sérieusement la reprise des aunes blancs, les aunes glutineux paraissant moins sensibles à ces produits. Au surplus le carbolineum, la créosote et le goudron végétal semblent aussi avoir joué le même rôle sur l'aune blanc, mais d'une manière moins marquée.

Mélèze : Il se classe parmi les espèces les plus recherchées par les rongeurs, après les peupliers, le frêne et le châtaignier. Attaques régulières et importantes dans les compartiments 1 (Spraymoline), 8 (Carbolineum + Good-Rite P.E.P.S.), 9 (Carbolineum + Caséinate de Ca) et 12 (Témoin).

Les autres produits ont apporté une protection efficace quoique le créosite et l'huile de poisson aient laissé un peu à désirer sous ce rapport. Indépendamment de l'influence du gibier, la reprise a été nulle dans tous les compartiments à l'exception de ceux traités au Rodinol, dont l'action semble avoir été favorable à cet égard.

Bouleau : Attaques assez régulières, mais rarement très importantes, dans les compartiments 1 (Spraymoline), 8 (Carbolineum + Good-Rite P.E.P.S.), 9 (Carbolineum + Caséinate de Ca) et 12 (Témoin). Cependant la reprise semble avoir été contrariée par des morsures peu importantes. En l'occurrence, le goudron de houille, la créosote et le carbolineum paraissent également avoir eu une action nuisible.

Robinier faux-acacia : En ce qui concerne les dégâts dus au gibier et la protection apportée par les produits, les observations ont été identiques aux relevés effectués dans les parties plantées de mélèzes. La reprise a été partout très irrégulière.

Coudrier : Attaques très peu importantes ; le goudron de houille semble avoir été une des causes d'un certain déchet à la reprise.

Saule marceau : Attaques assez régulières, mais rarement très importantes. La reprise a été partout excellente, sauf dans les compartiments dont les plants ont été traités au goudron de houille.

Cerisier de Virginie : Attaques presque nulles. La reprise a été contrariée dans les compartiments traités avec de la créosote, de l'huile de poisson et du carbolineum. Le rodinol semble également avoir exercé une certaine influence sur la reprise, mais les résultats ont été, dans ce cas, irréguliers.

2° *Valeur comparée des produits essayés, en fonction de l'action répulsive vis-à-vis du gibier et du respect de la vitalité des plants.*

a) *Action protectrice.*

Une protection suffisante a été obtenue avec les produits suivants, classés en ordre décroissant de valeur :

Carbolineum, créosote, goudron végétal, goudron de houille, rodinol et créosite.

Le rodinol s'est révélé le plus efficace jusqu'à fin mars ; à partir de ce moment, quelques morsures ont été observées, dont l'étendue était parfois assez grande.

L'huile de poisson s'est montrée inférieure aux produits cités ci-dessus.

La Spraymoline et les mélanges : carbolineum soluble + Good-Rite et carbolineum soluble + Caséinate de Ca ne confèrent qu'une immunité relative et de très courte durée.

La gaine de papier constitue un excellent moyen de protection ; bien fixée, elle est à même de prolonger ses services bien au-delà d'un premier hiver. Toutefois, en maintenant l'écorce dans un certain état de fraîcheur, elle lui fait prendre une consistance herbacée susceptible d'attirer les rongeurs dès qu'elle se déchire et d'accroître les dégâts.

b) *Action phytotoxique.*

Le goudron de houille a très notablement réduit la faculté de reprise du châtaignier, de l'érable, de l'aune blanc, du saule et contrarié à un moindre degré, celle du chêne du pays, du bouleau et du coudrier.

Le créosite a très notablement diminué le nombre de reprise chez l'aune blanc, beaucoup plus faiblement chez l'aune glutineux et le châtaignier.

La créosote a été nettement nuisible au cerisier de Virginie, sensiblement moins au bouleau, à l'aune blanc et au chêne du pays.

Le carbolineum n'a guère influencé la reprise du cerisier de Virginie, du bouleau et moins encore celle de l'aune blanc et du chêne du pays.

Le goudron végétal n'a eu d'effet corrosif que sur l'érable, l'aune blanc et le chêne du pays, d'ailleurs seulement à un faible degré pour la première espèce et à un très faible degré pour les deux autres.

L'huile de poisson semble avoir légèrement contrarié la reprise du cerisier de Virginie.

En ce qui concerne le rodinol, il paraît avoir témoigné d'une influence favorable sur la reprise du mélèze ; en effet, sur les 15 plants mis en place et enduits au moyen de cet agent de protection, 9 étaient restés vivants alors que, dans les autres compartiments, nous avons dénombré un maximum de reprises n'affectant que 2 plants sur 15. Toutefois, dans un des trois compartiments traités, 5 plants de cerisier avaient perdu leur tige mais avaient émis des rejets ; dans le deuxième, 2 plants sur 5 se présentaient de la même manière tandis que, dans le troisième, les 5 sujets étaient vivants et vigoureux.

Notons encore, qu'au point de vue reprise, les essences suivantes ne semblent pas s'être ressenties des différents traitements Hêtre, Frêne, Peupliers blanc et du Canada, Charme, Chêne d'Amérique.

2. Disposition de l'expérience et résultats obtenus au cours de la période 1950-1951.

1) *Disposition de l'expérience.*

Les divisions de la placette d'essai sont restées ce qu'elles étaient antérieurement. La répétition A n'a subi aucune nouvelle intervention ; on y a poursuivi les observations en vue de vérifier le degré de persistance de l'effet répulsif des produits appliqués l'année précédente et leur action phytocide éventuelle sur les plants. Dans la répétition B, nous avons fait une nouvelle application des produits étudiés en 1949-1950, à l'exception des 2 préparations de laboratoire contenant du carbolineum émulsionné et un produit adhésif (Polyéthylène polysulfure = Good-Rite, ou Caséinate de Ca) dont l'efficacité avait été nettement insuffisante. Dans la répétition C, un autre essai a été introduit, comportant l'emploi de produits nouveaux, et dont les conclusions feront l'objet d'un rapport ultérieur.

Le renouvellement du traitement dans la parcelle B a été effectué le 15 décembre 1950. Le sol était à ce moment recouvert d'une couche de neige de 2 cm d'épaisseur un peu inférieure à 0°C. Vers 11 h. 30, il y eut une nouvelle chute de neige assez importante qui se poursuivit l'après-midi et les jours suivants, si bien que jusqu'au 2 ou 3 janvier, le sol resta revêtu d'un épais manteau.

Les observations ont été commencées le 12 janvier et ont été poursuivies le 16 et le 17 janvier, le 22 février, le 10 mai et le 6 août 1951. Les appréciations furent chiffrées selon le code utilisé l'année précédente.

2) *Conclusions des observations effectuées en* 1951.

Celles-ci sont résumées et chiffrées dans les tableaux suivants : VI, VII, VIII, IX, X, XI, XII, XIII, XIV, XV, XVI, XVII, XVIII, XIX et XX.

TABLEAU VI. — *Appréciation chiffrée des dégâts et des reprises, au cours des 3 premières années de l'essai, dans les compartiments plantés de :*

HÊTRE

Parcelle A : Un seul traitement, en décembre 1949

PRODUITS	Dégâts causés en 1949-50 (max : 25)	Dégâts nouveaux causés après :		État des reprises au :		
		le 15/12/50	le 1/12/51	6/9/50	6/7/51	25/7/52
Spraymoline	1	7/25	12/25	5	5	5
Goudron de houille	0	0/25	0/15	5	1(1)	1
Créosite	0	12/25	11/25	5	5	5
Créosote	0	0/25	0/25	5	5	5
Carbolineum	0	5/25	4/20	5	4	4
Rodinol	0	25/25	0/0	5	0(5)	0(3)
Goudron végétal	0	19/20	5/15	4	3(1)	2(2)
Carbolineum émulsionné + Good-Rite P. E. P. S.	1	25/25	3/5	5	1(4)	0(5)
Carbolineum émulsionné + Caséinate de Ca	1	20/20	0/0	4	0(5)	0(4)
Papier Kraft	0	5/25	0/25	5	5	5
Huile de poisson	0	25/25	0/0	5	0(5)	0(4)
Témoin	5	25/25	0/0	5	0(5)	0(5)

Parcelle B : Deux traitements : un en décembre 1949 et un en décembre 1950

Spraymoline	0	0/25	25/25	5	5	5
Goudron de houille	0	0/25	0/5	5	1	1
Créosite	0	8/25	22/25	5	5	1(2)
Créosote	0	0/20	1/20	4	4	4
Carbolineum	0	0/25	0/25	4	5	5
Rodinol	0	14/15	0/5	3	1	1
Goudron végétal	0	0/25	0/20	5	4	4
Papier Kraft	0	0/25	0/25	5	5	5
Huile de poisson	0	25/25	0/0	5	1(4)	0(3)
Témoin	5	19/25	8/20	5	4	2(3)

Les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre de plants dont la tige principale a dépéri et qui ont rejeté de souche.

TABLEAU VII. — *Appréciation chiffrée des dégâts et des reprises, au cours des 3 premières années de l'essai, dans les compartiments plantés de :*

FRÊNE

Parcelle A : Un seul traitement, en décembre 1949

PRODUITS	Dégâts causés en 1949-50 (max. : 25)	Dégâts nouveaux causés après :		État des reprises au :		
		le 15/12/50	le 1/12/51	6/9/50	6/7/51	25/7/52
Spraymoline	12	8/25	23/25	5	5	5
Goudron de houille	0	0/25	2/25	5	5	5
Créosite	1	10/25	18/25	5	5	5
Créosote	0	0/25	14/25	5	5	5
Carbolineum	0	10/25	15/25	5	5	5
Rodinol	1	25/25	3/5	5	1(4)	1(4)
Goudron végétal	0	16/20	20/20	4	4	3(1)
Carbolineum émulsionné + Good-Rite P. E. P. S.	20	15/15	2/5	3(1)	1(2)	0(3)
Carbolineum émulsionné + Caséinate de Ca	23	25/25	0/0	5	0(4)	0(4)
Papier Kraft	0	0/25	13/25	5	5	5
Huile de poisson	1	25/25	0/0	5	0(5)	0(5)
Témoin	24	20/20	0/0	4	0(4)	0(3)

Parcelle B : Deux traitements : un en décembre 1949 et un en décembre 1950

Spraymoline	23	4/5	15/15	1(2)	1(3)	2(2)
Goudron de houille	2	0/25	6/25	5	5	5
Créosite	6	6/25	24/25	5	5	5
Créosote	0	4/25	7/25	5	5	5
Carbolineum	1	0/25	7/25	5	5	5
Rodinol	6	24/25	7/10	5	2(2)	2(2)
Goudron végétal	0	0/25	13/25	5	5	5
Papier Kraft	3	0/20	5/20	4	4	4
Huile de poisson	6	25/25	25/25	5	0(5)	0(5)
Témoin	24	19/20	15/15	3(1)	0(4)	0(4)

Les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre de plants dont la tige principale a dépéri et qui ont rejeté de souche.

TABLEAU VIII. — *Appréciation chiffrée des dégâts et des reprises, au cours des 3 premières années de l'essai, dans les compartiments plantés de :*

PEUPLIER DU CANADA, TYPE ROBUSTA

Parcelle A : Un seul traitement, en décembre 1949

PRODUITS	Dégâts causés en 1949-50 (max : 25)	Dégâts nouveaux causés après		État des reprises au :		
		le 15/12/50	le 1/12/51	6/9/50	6/7/51	25/7/52
Spraymoline	22	0/5	2/5	1	1	1
Goudron de houille	0	1/25	0/10	5	3	3
Créosite	6	9/25	21/25	5	5	3
Créosote	0	2/25	13/25	5	5	5
Carbolineum	0	8/25	17/25	5	5	3
Rodinol	12	19/20	2/5	4	1	1
Goudron végétal	0	19/25	13/20	5	4	2
Carbolineum émulsionné + Good-Rite P. E. P. S.	20	10/20	0/0	2	0	0
Carbolineum émulsionné + Caséinate de Ca	25	5/5	0/0	1	0	0
Papier Kraft	0	0/25	23/25	5	5	3
Huile de poisson	5	20/20	4/5	4	1(1)	1
Témoin	24	0/5	0/0	1	1	0

Parcelle B : Deux traitements : un en décembre 1949 et un en décembre 1950

Spraymoline	25	0/0	0/0	0	0	0
Goudron de huille	0	0/0	0/10	5	3	2
Créosite	8	10/25	22/25	5	5	1
Créosote	2	0/25	4/25	5	5	5
Carbolineum	0	0/25	0/25	5	5	5
Rodinol	0	24/25	1/5	5	1	1
Goudron végétal	4	0/25	14/25	5	5	4
Papier Kraft	2	0/25	0/25	5	5	5
Huile de poisson	8	19/25	10/15	5	3	3
Témoin	25	0/0	0/0	0	0	0

Les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre de plants dont la tige principale a dépéri et qui ont rejeté de souche.

TABLEAU IX. — *Appréciation chiffrée des dégâts et des reprises, au cours des 3 premières années de l'essai, dans les compartiments plantés de :*

PEUPLIER BLANC

Parcelle A : Un seul traitement, en décembre 1949

PRODUITS	Dégâts causés en 1949-50 (max : 25)	Dégâts nouveaux causés après		État des reprises au :		
		le 12/15/50	le 1/12/51	6/9/50	6/7/15	25/7/52
Spraymoline	14	13/20	8/10	4(1)	3(1)	2(2)
Goudron de houille	0	0/25	3/25	5	2	5
Créosite	4	7/25	19/25	5	5	5
Créosote	0	5/25	11/15	5	3(1)	3(1)
Carbolineum	1	9/25	7/20	5	4	4
Rodinol	3	21/25	5/20	5	4(1)	4
Goudron végétal	2	19/20	2/5	4(1)	1(1)	1
Carbolineum émulsionné + Good-Rite P. E. P. S.	20	20/20	0/0	4(1)	0	0
Carbolineum émulsionné + Caséinate de Ca	23	0/0	0/0	0(5)	0(1)	0(2)
Papier Kraft	0	0/25	24/25	5	5	1(3)
Huile de poisson	6	20/20	0/0	4(1)	0(4)	0(1)
Témoin	25	0/0	0/0	0(5)	0(3)	0(3)

Parcelle B : Deux traitements : un en décembre 1949 et un en décembre 1950

Spraymoline	22	1/10	12/20	2(2)	2(2)	2(2)
Goudron de houille	0	0	0/5	4	1	1
Créosite	0	0	14/25	5	5	5
Créosote	0	0	3/20	5	5	4(1)
Carbolineum	0	0	3/15	5	3	3
Rodinol	1	18/20	9/10	4	2(1)	1
Goudron végétal	0	0	0/20	4(1)	4	4
Papier Kraft	0	0	5/25	5	5	5
Huile de poisson	1	19/25	13/25	5	5	5
Témoin	25	12/20	17/20	0(4)	0(4)	0(4)

Les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre de plants dont la tige principale a dépéri et qui ont rejeté de souche.

TABLEAU X. — *Appréciation chiffrée des dégâts et des reprises, au cours des 3 premières années de l'essai, dans les compartiments plantés de :*

CHARME

Parcelle A : Un seul traitement, en décembre 1949

PRODUITS	Dégâts causés en 1949-50 (max. : 25)	Dégâts nouveaux causés après		État des reprises au :		
		le 15/12/50	le 1/12/51	6/9/50	6/7/51	25/7/52
Spraymoline	2	18/25	16/20	5	4(1)	2(3)
Goudron de houille	0	0/25	0/25	5	5	5
Créosite	0	4/25	11/25	5	5	5
Créosote	0	0/25	8/25	5	5	5
Carbolineum	0	1/25	3/25	5	5	5
Rodinol	0	17/20	3/10	4	2(1)	2(1)
Goudron végétal	0	11/25	8/20	5	5	3(2)
Carbolineum émulsionné + Good-Rite P. E. P. S.	6	4/25	23/25	5	5	1(3)
Carbolineum émulsionné + Caséinate de Ca	4	15/25	10/20	5	4(1)	4(1)
Papier Kraft	0	0/25	4/20	5	4	4
Huile de poisson	0	16/25	2/10	5	2(1)	2(2)
Témoin	6	11/25	6/20	5	4(1)	4(1)

Parcelle B : Deux traitements : un en décembre 1949 et un en décembre 1950

Spraymoline	6	0/25	18/25	5	5	4(1)
Goudron de houille	0	0/25	0/15	5	1	1
Créosite	0	0/20	18/20	4	4	2
Créosote	0	0/25	7/20	5	4	4
Carbolineum	0	0/25	2/25	5	5	5
Rodinol	1	18/25	9/15	5	3(1)	2(1)
Goudron végétal	0	0/20	0/20	4	3(1)	3
Papier Kraft	0	5/25	0/25	5	5	5
Huile de poisson	0	24/25	3/5	5	1	1
Témoin	7	25/25	10/10	5	2(2)	0(3)

Les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre de plants dont la tige principale a dépéri et qui ont rejeté de souche.

TABLEAU XI. — *Appréciation chiffrée des dégâts et des reprises, au cours des 3 premières années de l'essai, dans les compartiments plantés de:*

CHÊNE PÉDONCULÉ

Parcelle A : Un seul traitement, en décembre 1949

PRODUITS	Dégâts causés en 1949-50 (max. : 25)	Dégâts nouveaux causés après		État des reprises au :		
		le 15/12/50	le 1/12/51	6/9/50	6/7/51	25/7/52
Spraymoline	0	4/20	5/20	4(1)	4(1)	4(1)
Goudron de houille	0	0/15	0/5	3(1)	1(3)	0(3)
Créosite	0	0/20	0/20	4	4	4
Crèosote	0	0/25	1/25	5	5	5
Carbolineum	0	0/20	0/20	4	4(1)	4(1)
Rodinol	0	11/20	1/15	4(1)	3(2)	3(2)
Goudron végétal	0	5/20	4/20	4(1)	4(1)	4(1)
Carbolineum émulsionné + Good-Rite P. E. P. S.	5	8/25	12/25	5	5	5
Carbolineum émulsionné + Caséinate de Ca	8	16/25	6/20	5	4(1)	4(1)
Papier Kraft	0	0/25	6/25	5	5	5
Huile de poisson	0	22/25	1/5	5	1(4)	1(3)
Témoin	9	7/25	2/25	5	5	5

Parcelle B : Deux traitements : un en décembre 1949 et un en décembre 1950

Spraymoline	3	0/20	10/20	4(1)	4(1)	4(1)
Goudron de houille	0	0/10	0/5	2(1)	1	1
Créosite	0	0/25	2/25	5	5	5
Créosote	0	0/10	0/10	2	2	2
Carbolineum	0	0/15	0/10	3	2	2(1)
Rodinol	0	4/25	8/15	5	3	2
Goudron végétal	0	0/20	0/20	4	4(1)	4(1)
Papier Kraft	0	0/25	0/25	5	5	5
Huile de poisson	0	19/25	3/20	5	4	4(1)
Témoin	12	17/25	14/25	5	5	4(1)

Les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre de plants dont la tige principale a dépéri et qui ont rejeté de souche.

TABLEAU XII. — *Appréciation chiffrée des dégâts et des reprises, au cours des 3 premières années de l'essai, dans les compartiments plantés de :*

CHÊNE D'AMÉRIQUE

Parcelle A : Un seul traitement, en décembre 1949

PRODUITS	Dégâts causés en 1949-50 (max. : 25)	Dégâts nouveaux causés après		État des reprises au :		
		le 15/12/50	le 1/12/51	6/9/50	6/7/51	25/7/52
Spraymoline	5	15/25	10/10	5	2(3)	2(3)
Goudron de houille	0	0/25	0/5	4(1)	1(4)	1(4)
Créosite	0	4/25	2/20	5	4(1)	4(1)
Créosote	0	0/25	5/25	5	4(1)	4(1)
Carbolineum	0	3/25	12/25	5	5	5
Rodinol	0	25/25	0/0	0	0(5)	0(5)
Goudron végétal	0	13/25	5/20	5	4(1)	4(1)
Carbolineum émulsionné + Good-Rite P. E. P. S.	4	8/25	18/25	5	5	5
Carbolineum émulsionné + Caséinate de Ca	11	17/25	3/15	5	3(2)	3(2)
Papier Kraft	0	0	2/25	5	5	5
Huile de poisson	0	25/25	0/0	5	0(5)	0(5)
Témoin	12	21/25	3/5	5	1(2)	1(3)

Parcelle B : Deux traitements : un en décembre 1949 et un en décembre 1950

Spraymoline	5	24/25	12/15	5	1(4)	0(3)
Goudron de houille	0	0/20	0/10	4	0(3)	0(2)
Créosite	0	0/25	21/25	5	5	2(2)
Créosote	0	0/25	2/25	5	5	5
Carbolineum	0	0/25	3/25	5	5	5
Rodinol	0	3/25	21/25	5	5	1(4)
Goudron végétal	0	0/25	4/25	5	5	5
Papier Kraft	0	0/25	0/25	5	5	5
Huile de poisson	0	25/25	5/5	5	0(3)	0(3)
Témoin	10	25/25	15/15	5	0(5)	0(5)

Les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre de plants dont la tige principale a dépéri et qui ont rejeté de souche.

TABLEAU XIII. — *Appréciation chiffrée des dégâts et des reprises, au cours des 3 premières années de l'essai, dans les compartiments plantés de:*

CHÂTAIGNIER

Parcelle A : Un seul traitement, en décembre 1949

PRODUITS	Dégâts causés en 1949-50 (max. : 25)	Dégâts nouveaux causés après		État des reprises au :		
		le 15/12/50	le 1/12/51	6/9/50	6/7/51	25/7/52
Spraymoline	4	7/20	12/15	4(1)	3	2(2)
Goudron de houille	0	0/0	0/0	0(1)	0(2)	0(2)
Créosite	0	0/15	4/15	3	3	2(1)
Créosote	0	3/5	0/0	1	0	0
Carbolineum	0	9/20	0/15	4(1)	1(1)	1(1)
Rodinol	1	25/25	0/0	5	0(4)	0(4)
Goudron végétal	0	14/20	6/15	4(1)	3(2)	3(2)
Carbolineum émulsionné + Good-Rite P. E. P. S.	6	16/20	1/10	5	2(2)	2(2)
Carbolineum émulsionné + Caséinate de Ca	18	4/5	3/5	1(2)	1(2)	1(2)
Papier Kraft	0	0/25	8/25	5	5	5
Huile de poisson	1	24/25	0/5	5	1(4)	1(3)
Témoin	18	0/5	0/0	0(5)	0(5)	0(4)

Parcelle B : Deux traitements, un en décembre 1949 et un en décembre 1950

Spraymoline	23	0/0	0/0	0(4)	0(4)	0(3)
Goudron de houille	0	0/5	0/0	2(1)	0(2)	0(2)
Créosite	2	0/10	9/10	2(1)	2(1)	1(2)
Créosote	0	0/25	0/15	5	3	3
Carbolineum	0	0/20	3/15	4	3	3
Rodinol	0	4/25	24/25	5	5	0(4)
Goudron végétal	0	0/25	0/25	5	5	5
Papier Kraft	0	0/20	0/20	4(1)	4(1)	3
Huile de poisson	0	10/10	0/10	2(3)	0(4)	0(3)
Témoin	24	0/0	6/15	0(5)	0(5)	0(5)

Les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre de plants dont la tige principale a dépéri et qui ont rejeté de souche.

TABLEAU XIV. — *Appréciation chiffrée des dégâts et des reprises, au cours des 3 premières années de l'essai, dans les compartiments plantés de :*

ÉRABLE SYCOMORE

Parcelle A : Un seul traitement, en décembre 1949

PRODUITS	Dégâts causés en 1949-50 (max. : 25)	Dégâts nouveaux causés après		État des reprises au :		
		le 15/12/50	le 1/12/51	6/9/50	6/7/51	25/7/52
Spraymoline	0	2/25	3/25	5	5	4(1)
Goudron de houille	0	0/10	0/0	3(1)	0(1)	0(2)
Créosite	0	0/15	0/5	3	1(1)	1(1)
Créosote	0	0/20	0/5	3	0(1)	0(1)
Carbolineum	0	0/15	0/0	4(1)	0(3)	0(4)
Rodinol	0	11/20	6/15	4(1)	3(2)	3(2)
Goudron végétal	0	2/15	3/15	3(2)	3(2)	3(2)
Carbolineum émulsionné + Good-Rite P. E. P. S.	3	4/25	4/25	5	5	4(1)
Carbolineum émulsionné + Caséinate de Ca	3	4/15	0/10	3(1)	2	2(3)
Papier Kraft	0	0/20	2/20	4	4	3
Huile de poisson	2	5/20	1/15	4(1)	3(2)	3(2)
Témoin	3	0/20	0/20	4(1)	4(1)	4(1)

Parcelle B : Deux traitements : un en décembre 1949 et un en décembre 1950

Spraymoline	3	1/20	7/15	3(1)	3(1)	2(3)
Goudron de houille	0	0/10	0/0	0(2)	0(3)	0(3)
Créosite	0	0/15	0/10	3(1)	2(2)	2(2)
Créosote	0	0/15	0/0	3	0	0(1)
Carbolineum	0	0/25	0/0	5	0	0(4)
Rodinol	3	7/25	8/25	5	4	4
Goudron végétal	0	0/15	0/15	3(1)	3(1)	3(1)
Huile de poisson	0	17/25	0/10	4(1)	2(3)	2(3)
Papier Kraft	0	0/15	2/15	3	3	3
Témoin	3	2/15	4/15	3(1)	3(1)	3(1)

Les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre de plants dont la tige principale a dépéri et qui ont rejeté de souche.

TABLEAU XV. — *Appréciation chiffrée des dégâts et des reprises, au cours des 3 premières années de l'essai, dans les compartiments plantés de:*

AUNE

Parcelle A : Un seul traitement, en décembre 1949

PRODUITS	Dégâts causés en 1949-50 (max. : 50)	Dégâts nouveaux causés après		État des reprises au :		
		le 15/12/50	le 1/12/51	6/9/50	6/7/51	25/7/52
Spraymoline	10	2/35	14/35	7	7	6(1)
Goudron de houille	0	0/20	0/10	4	2	2
Créosite	0	0/15	0/15	3	3	3
Créosote	0	3/40	3/35	8	7	7
Carbolineum	0	0/45	7/40	9	9	8
Rodinol	0	19/50	4/50	10	10	10
Goudron végétal	2	3/50	1/50	10	10	10
Carbolineum émulsionné + Good-Rite P. E. P. S.	3	17/50	3/45	10	9	7
Carbolineum émulsionné + Caséinate de Ca	12	10/45	0/40	9(1)	9	8
Papier Kraft	0	0/50	3/50	10	10	10
Huile de poisson	1	16/50	4/45	9	9	9
Témoin	23	3/30	2/30	6(3)	6	6(1)

Parcelle B : Deux traitements : un en décembre 1949 et un en décembre 1950

Spraymoline	6	0/50	7/50	10	10	10
Goudron de houille	0	0/15	0/15	4(2)	3(3)	3(3)
Créosite	1	0/10	0/10	3	2	2
Créosote	2	0/10	0/30	8	7	5
Carbolineum	0	0/50	0/45	10	9(1)	9
Rodinol	6	3/50	23/50	10	10	10
Goudron végétal	0	0/40	2/40	8	8	8
Papier Kraft	0	0/50	3/45	10	10	9
Huile de poisson	2	2/50	4/50	10	10	10
Témoin	14	6/45	14/50	9(1)	9(1)	9(1)

Les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre de plants dont la tige principale a dépéri et qui ont rejeté de souche.

TABLEAU XVI. — *Appréciation chiffrée des dégâts et des reprises, au cours des 3 premières années de l'essai, dans les compartiments plantés de:*

BOULEAU

Parcelle A : Un seul traitement en décembre 1949

PRODUITS	Dégâts causés en 1949-50 (max. : 25)	Dégâts nouveaux causés après		État des reprises au :		
		le 15/12/50	le 1/12/51	6/9/50	6/7/51	25/7/52
Spraymoline	10	0/5	0/5	1	1	1
Goudron de houille	0	0/5	0/0	3	0	0
Créosite	0	0/20	2/20	5	4	4(1)
Créosote	2	0/5	3/5	1	1	1
Carbolineum	0	0/5	0/5	1	1	1
Rodinol	0	19/20	0/5	5	2(2)	1(1)
Goudron végétal	0	2/25	1/25	5	5	5
Carbolineum émulsionné + Good-Rite P. E. P. S.	2	3/15	3/15	3(1)	3	3
Carbolineum émulsionné + Caséinate de Ca	12	0/10	0/10	2	2	2
Papier Kraft	0	0/25	0/25	5	5	5
Huile de poisson	1	8/25	4/25	5	5	5
Témoin	12	1/10	0/10	2(1)	2	1

Parcelle B : Deux traitements : un en décembre 1949 et un en décembre 1950

Spraymoline	17	0/5	0/5	1	1	1
Goudron de houille	0	0/0	0/0	4	0	0
Créosite	0	0/25	3/25	5	5	5
Créosote	0	0/15	2/15	3	3	3
Carbolineum	0	0/20	0/20	4	4	4
Rodinol	0	14/25	9/15	5	3	3
Goudron végétal	2/15	0/15	0/15	3(1)	3	3
Papier Kraft	0	0/20	0/20	4	4	4
Huile de poisson	0	17/20	0/5	4	2	1
Témoin	10	2/5	0/5	1(2)	1(2)	2(2)

Les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre de plants dont la tige principale a dépéri et qui ont rejeté de souche.

TABLEAU XVII. — *Appréciation chiffrée des dégâts et des reprises, au cours des 3 premières années de l'essai, dans les compartiments plantés de :*

ROBINIER FAUX-ACACIA

Parcelle A : Un seul traitement, en décembre 1949

PRODUITS	Dégâts causés en 1949-50 (max. : 25)	Dégâts nouveaux causés après		État des reprises au :		
		le 15/12/50	le 1/12/51	6/9/50	6/7/51	25/7/52
Spraymoline	10	0/5	0/5	1	1	1
Goudron de houille	0	2/20	1/20	4	4	4
Créosite	3	4/20	0/20	4(1)	4(1)	4
Créosote	7	2/15	0/15	3(1)	3	3
Carbolineum	0	1/20	4/20	4(1)	4	3
Rodinol	0	10/20	10/15	4(1)	3	2
Goudron végétal	4	4/10	4/10	3(1)	2	1
Carbolineum émulsionné + Good-Rite P. E. P. S.	14	15/15	0/0	3(2)	0	0
Carbolineum émulsionné + Caséinate de Ca	16	8/10	1/5	2	1	1
Papier Kraft	0	0/10	0/10	2(1)	2	2
Huile de poisson	0	4/20	3/5	2(1)	1	1
Témoin	25	0/0	0/0	0	0	0

Parcelle B : Deux traitements : un en décembre 1949 et un en décembre 1950

Spraymoline	6	0/10	0/5	2	1(1)	1
Coudron de houille	2	0/20	0/15	4	3	3
Créosite	0	0/15	0/10	3	2	2
Créosote	0	0/15	0/15	3	3	3
Carbolineum	2	0/10	0/5	3	2	1
Rodinol	0	13/15	0/5	3	1	1
Goudron végétal	2	0/15	2/10	3(2)	2	2
Papier Kraft	0	0/20	4/15	4	3	3
Huile de poisson	5	9/10	0/0	2	1	0
Témoin	20	5/10	1/5	2(1)	2	1

Les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre de plants dont la tige principale a dépéri et qui ont rejeté de souche.

TABLEAU XVIII. — *Appréciation chiffrée des dégâts et des reprises, au cours des 3 premières années de l'essai, dans les compartiments plantés de:*

COUDRIER

Parcelle A : Un seul traitement, en décembre 1949

PRODUITS	Dégâts causés en 1949-50 (max : 25)	Dégâts nouveaux causés après		État des reprises au :		
		le 15/12/50	le 1/12/51	6/9/50	6/7/51	25/7/52
Spraymoline	0	3/25	2/25	5	5	5
Goudron de houille	0	0/10	0/0	2(1)	0(3)	0(3)
Créosite	0	0/25	9/25	5	5	5
Créosote	0	0/25	0/20	5	4	4
Carbolineum	1	0/25	0/10	5	2(1)	2
Rodinol	0	22/25	0/10	5	1(3)	1(4)
Goudron végétal	0	0/25	2/25	5	5	5
Carbolineum émulsionné + Good-Rite P. E. P. S.	0	5/25	6/20	5	3	3(2)
Carbolineum émulsionné + Caséinate de Ca	2	10/25	4/25	5	5	5
Papier Kraft	0	0/25	4/20	5	4	4
Huile de poisson	0	8/20	5/15	3(1)	3(1)	2(1)
Témoin	7	0/15	0/15	3	3	2(1)

Parcelle B : Deux traitements : un en décembre 1949 et un en décembre 1950

Spraymoline	10	0/15	5/10	3	2(1)	2(1)
Goudron de houille	1	0/15	0/5	3	1	1(2)
Créosite	0	0/20	2/15	3	3(1)	3(1)
Créosote	2	0/20	0/10	4	2	2(1)
Carbolineum	0	0/20	2/20	5	4	4
Rodinol	0	10/15	18/25	5	5	2(3)
Goudron végétal	0	0/15	0/15	3	1(1)	1(2)
Papier Kraft	0	0/20	0/15	4(1)	3(1)	3(1)
Huile de poisson	0	20/20	0/15	4	0(3)	0(5)
Témoin	5	7/25	6/25	5	5	5

Les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre de plants dont la tige principale a dépéri et qui ont rejeté de souche.

TABLEAU XIX. — *Appréciation chiffrée des dégâts et des reprises, au cours des 3 premières années de l'essai, dans les compartiments plantés de :*

SAULE MARCEAU

Parcelle A : Un seul traitement, en décembre 1949

PRODUITS	Dégâts causés en 1949-50 (max. : 25)	Dégâts nouveaux causés après		État des reprises au :		
		le 15/12/50	le 1/12/51	6/9/50	6/7/51	25/7/52
Spraymoline	7	5/25	5/25	7	7	7
Goudron de houille	0	0/5	0/5	1(3)	1(3)	1(3)
Créosite	0	0/25	2/25	5	5	5
Créosote	0	0/25	0/25	5	5	5
Carbolineum	0	0/25	1/25	5	5	5
Rodinol	0	14/25	4/10	5	2(1)	2(1)
Goudron végétal	4	5/25	13/25	5	5	5
Carbolineum émulsionné + Good-Rite P. E. P. S.	9	4/25	5/25	5	5	5
Carbolineum émulsionné + Caséinate de Ca	2	8/25	3/25	5	5	5
Papier Kraft	0	0/25	12/25	5	5	4
Huile de poisson	4	5/15	2/20	4	4	4
Témoin	14	2/10	4/5	2(1)	2	1

Parcelle B : Deux traitements : un en décembre 1949 et un en décembre 1950

Spraymoline	17	0/25	6/25	5	4(1)	4(1)
Goudron de houille	2	0/0	0/0	0(4)	0(1)	0(1)
Créosite	1	3/20	4/20	4	4	3
Créosote	0	0/20	0/20	4	4	4
Carbolineum	0	0/20	0/20	4	4	4
Rodinol	0	2/25	12/25	5	5	5
Goudron végétal	0	0/15	0/15	3	3	2(1)
Papier Kraft	0	0/25	2/25	5	5	5
Huile de poisson	0	20/20	0/15	4(1)	1(3)	0(5)
Témoin	9	13/25	8/25	5	5	4(1)

Les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre de plants dont la tige principale a dépéri et qui ont rejeté de souche.

TABLEAU XX. — *Appréciation chiffrée des dégâts et des reprises, au cours des 3 premières années de l'essai, dans les compartiments plantés de:*

CERISIER DE VIRGINIE

Parcelle A : Un seul traitement, en décembre 1949

PRODUITS	Dégâts causés en 1949-50 (max. : 25)	Dégâts nouveaux causés après		État des reprises au :		
		le 15/12/50	le 1/12/51	6/9/51	6/7/51	25/7/52
Spraymoline	0	9/25	4/25	5	5	5
Goudron de houille	0	0/25	0/10	4(1)	2(2)	2(2)
Créosite	0	0/25	4/25	5	5	5
Créosote	0	0/5	0/5	1(3)	1(3)	1(3)
Carbolineum	0	0/20	0/10	3(2)	2(3)	1(4)
Rodinol	0	25/25	0/0	5	0(5)	0(5)
Goudron végétal	0	7/25	3/15	5	4(1)	3(2)
Carbolineum émulsionné + Good-Rite P. E. P. S.	1	23/25	3/10	5	2(3)	2(3)
Carbolineum émulsionné + Caséinate de Ca	1	12/25	0/20	5	4(1)	4(1)
Papier Kraft	0	1/25	8/25	5	5	5
Huile de poisson	1	11/25	0/0	2(3)	2(3)	0(4)
Témoin	7	8/25	0/25	5	5	4(1)

Parcelle B : Deux traitements : un en décembre 1949 et un en décembre 1950

Spraymoline	0	0/25	6/25	5	5	5
Goudron de houille	0	0/25	0/0	5	0(5)	0(5)
Créosite	0	2/20	0/20	4(1)	4(1)	2(3)
Créosote	0	0/10	0/5	2(3)	1(4)	1(4)
Carbolineum	0	5/15	0/15	3(2)	3(2)	2(3)
Rodinol	0	0/0	0/0	0	0	0(5)
Goudron végétal	0	0/20	0/15	4(1)	3(1)	2(1)
Papier Kraft	0	0/25	0/25	5	5	5
Huile de poisson	0	5/5	0/5	2(3)	1(4)	1(4)
Témoin	0	16/25	0/25	5	5	5

Les chiffres entre parenthèses indiquent le nombre de plants dont la tige principale a dépéri et qui ont rejeté de souche.

1° *Analyse comparée, en prenant en considération chacune des essences, de l'action répulsive des produits vis-à-vis du gibier.*

Hêtre : Contrairement à ce qui avait été constaté en 1950, le hêtre a été très attaqué par le gibier. Dans la parcelle A, c'est-à-dire là où les produits n'ont pas été renouvelés, on a observé que le goudron de houille et la créosote, appliqués en décembre 1949, possédaient encore une action répulsive suffisante, tandis que la spraymoline, le créosite et le carbolineum, laissaient à désirer et que les autres produits n'étaient plus efficaces.

Dans la parcelle B, c'est-à-dire là où les produits ont été renouvelés, on a constaté qu'une seconde application de spraymoline, de goudron de houille, de créosote, de carbolineum, de goudron végétal, maintenait les plants à l'abri des attaques du gibier, alors que le créosite laissait un peu à désirer et que le rodinol ainsi que l'huile de poisson se révélaient moins efficaces que l'année précédente.

Frêne :

Parcelle A : Conclusions analogues à celles relatives au hêtre.
Parcelle B : Conclusions analogues à celles relatives au hêtre.

Peuplier du Canada et Peuplier blanc :

Parcelle A : Le goudron de houille et la créosote appliqués en décembre 1949 possédaient encore une action répulsive suffisante ; par contre, le carbolineum et le créosite ont laissé un peu à désirer. Quant au rodinol, à l'huile de poisson et au goudron végétal, ils n'ont plus guère été efficaces. Le papier, placé à la même date, a continué à exercer une protection convenable et son état de conservation s'avère satisfaisant.

Parcelle B : Une seconde application des produits suivants : goudron de houille, créosite, créosote, carbolineum, goudron végétal a tenu le gibier éloigné.

Le rodinol et l'huile de poisson se sont, cette année, révélés moins efficaces.

Il est difficile d'émettre un avis sur le produit spraymoline, vu le nombre trop peu élevé de plants demeurés en vie.

Charme : Cette essence a également beaucoup plus souffert des morsures que l'année précédente.

Parcelle A : Le goudron de houille, la créosote, le carbolineum, appliqués en décembre 1949, possédaient encore une action répulsive suffisante. Le créosite, par contre, a laissé un peu à désirer et les autres produits n'ont plus été efficaces.

Parcelle B : Une seconde application des produits suivants : spraymoline, goudron de houille, créosite, créosote, carbolineum, goudron végétal a assuré le respect des plants. Le rodinol et l'huile de poisson se sont, cette année, révélés très peu efficaces.

Chêne pédonculé :

Parcelle A : Le goudron de houille, le créosite, la créosote et le carbolineum appliqués en décembre 1949 ont encore témoigné d'une action répulsive suffisante. Le goudron végétal a laissé un peu à désirer et les autres produits n'ont plus été efficaces.

Parcelle B : Une seconde application des produits suivants : spraymoline, goudron de houille, créosote, carbolineum et goudron végétal a bien défendu les plants contre le gibier, le rodinol laissant, lui, à désirer et l'huile de poisson n'ayant guère montré d'effet utile.

Chêne d'Amérique : Cette essence a été, au cours de cette année, plus recherchée par le gibier que l'année précédente.

Parcelle A : Le goudron de houille et la créosote, appliqués en décembre 1949, ont conservé une action répulsive suffisante. Le créosite et le carbolineum ont laissé quelque peu à désirer et les autres produits ont cessé d'être efficaces.

Parcelle B : Une seconde application des produits suivants : goudron de houille, créosote, créosite, carbolineum, goudron végétal, a repoussé les attaques du gibier. Le rodinol a laissé un peu à désirer ; la spraymoline et l'huile de poisson ont perdu leurs propriétés défensives.

Châtaignier :

Parcelle A : Le créosite appliqué en décembre 1949 a maintenu son action répulsive, les autres produits n'ayant plus en ce moment toute leur efficacité.

Parcelle B : A l'exception du rodinol qui a laissé un peu à désirer et de l'huile de poisson qui s'est révélée insuffisante, tous les produits, appliqués une seconde fois, ont tenu les plants traités à l'écart de la dent des rongeurs.

Érable sycomore et Saule marceau :

Parcelle A : Le goudron de houille, la créosote, le créosite et le carbolineum, appliqués en décembre 1949, possédaient encore une action répulsive suffisante. Quant aux autres produits, ils ont laissé à désirer.

Parcelle B : Mêmes observations qu'en ce qui concerne le châtaignier.

Aune blanc et Aune glutineux :

Parcelle A : Le goudron de houille, la créosote, le créosite, le carbolineum, le goudron végétal, appliqués en décembre 1949, ont maintenu leur action répulsive à un degré suffisant, les autres produits laissant un peu à désirer.

Parcelle B : A l'exception du rodinol et de l'huile de poisson qui se sont montrés un peu moins actifs, tous les produits, appliqués une seconde fois, ont tenu les plants à l'abri des morsures.

Bouleau et coudrier :

Parcelle A : Conclusions analogues à celles formulées par rapport aux aunes.
Parcelle B : A l'exception du rodinol et de l'huile de poisson qui se sont révélés inefficaces, tous les produits, appliqués une seconde fois, ont éloigné les rongeurs.

Robinier faux-acacia :

Parcelle A : Aucun des produits appliqués en décembre 1949 n'a plus mis, l'année qui a suivi le traitement, les jeunes plants à l'abri des morsures du gibier.
Parcelles B : Mêmes observations que celles relatives au bouleau.

Cerisier de Virginie :

Parcelle A : Mêmes observations qu'au sujet de l'érable sycomore.
Parcelle B : Après une seconde application les produits suivants : spraymoline, goudron de houille, créosote, goudron végétal ont témoigné d'un effet répulsif total. Le créosite et le carbolineum ont laissé un peu à désirer. L'huile de poisson s'est révélée inefficace.

Pour toutes les essences, l'état de conservation des guêtres de papier, qu'il s'agisse de celles placées en décembre 1949 ou de celles renouvelées en décembre 1950, a été suffisamment bon et ce jusqu'en septembre 51, pour empêcher que le gibier ronge l'écorce.

Il est à remarquer cependant que ce mode de protection, en maintenant l'écorce à l'abri de l'air et de la lumière, lui confère une consistance herbacée qui la rend plus sujette aux morsures dès que l'enveloppe se désagrège.

2° *Valeur comparée des produits essayés, en fonction de leur action répulsive vis-à-vis du gibier.*

a) Une seule application, en décembre 1949, de goudron de houille et de créosote a donné aux 17 essences forestières étudiées, sauf au robinier faux-acacia qui a souffert de dégâts, une protection suffisante pendant au moins 2 ans. Après le même laps de temps, le créosite et le carbolineum brut protégaient encore assez efficacement certaines espèces : le cerisier de Virginie, le saule marceau, le coudrier, le bouleau, les aunes, l'érable, le chêne du pays. Ces mêmes produits ont laissé à désirer chez les autres essences, parmi lesquelles précisément on trouve celles qui sont très recherchées par le gibier : le peuplier du Canada, le peuplier blanc, le frêne, le châtaignier, le robinier.

Quant à la spraymoline, au goudron végétal, au rodinol, à l'huile de poisson et aux deux préparations à base de carbolineum émulsionné additionné d'un adhésif, ils ne possédaient plus dans l'ensemble, aucune vertu.

Le rôle protecteur et la durée des services des guêtres de papier sont déterminés par leur état de conservation ; celui-ci est encore bon après deux ans,

mais il y a lieu de tenir compte de la remarque, déjà formulée deux fois, relative à ce système.

b) Une seconde application des différents produits ayant été effectuée dans les compartiments de la parcelle B, une bonne protection a été obtenue avec le goudron de houille, le carbolineum, la créosote, le créosite, le goudron végétal. La spraymoline s'est révélée plus efficace que l'année précédente ; toutefois, chez certaines essences très recherchées, le nombre de plants encore en vie au début de la répétition de l'essai était trop faible pour autoriser des conclusions certaines à son égard. Quant au rodinol et à l'huile de poisson, ils se sont montrés nettement inférieurs aux autres produits expérimentés.

3° *Valeur comparée des produits essayés en fonction du respect de la vitalité des plants.*

Le goudron de houille, dont les effets nuisibles sur la végétation de certaines espèces apparaissent déjà au cours de la première année qui suit l'application, a témoigné d'une action corrosive nettement préjudiciable sur presque toutes les essences étudiées, sauf sur le frêne, sur le peuplier blanc, sur le charme et sur le robinier faux-acacia qui ont bien résisté à un seul traitement. Si, d'autre part, celui-ci est renouvelé après un an, seuls le frêne et le robinier faux-acacia paraissent lui rester insensibles.

Une action phytocide semblable a été observée en ce qui concerne le créosite après un seul revêtement chez les 3 espèces suivantes : aune, érable sycomore et châtaignier ; cette action est déjà perceptible au cours de la première année qui suit le traitement. Si l'on exécute une deuxième application, un an après la première, on remarque également des brûlures de l'écorce sur le coudrier.

Une seule couche de créosote a porté atteinte aux 4 essences suivantes : cerisier de Virginie, bouleau, érable sycomore et chêne du pays, dès la première année ; une seconde application provoque des nécroses sur le coudrier et sur le châtaignier.

Le carbolineum, appliqué une seule fois, a été préjudiciable au cerisier de Virginie, à l'érable et au châtaignier ; si on procède à un deuxième badigeonnage l'année suivante, le produit en question nuit également au chêne du pays et au peuplier blanc.

Le goudron végétal, même employé deux fois à un an d'intervalle, n'a pratiquement eu d'effet nocif sur aucune des espèces mises à l'épreuve, si ce n'est sur le coudrier après la deuxième application.

Les autres produits n'ont guère apporté de protection ; il nous est donc difficile d'apprécier avec certitude leur effet sur la végétation. Toutefois, parmi les plants n'ayant pas trop pâti de la dent du gibier, nous n'avons relevé nul déchet pouvant leur être attribué.

3. Conclusions des observations effectuées en 1952.

Les observations ont été poursuivies pendant l'année 1952, afin de contrôler

la durée de l'action répulsive exercée par les produits utilisés et leurs effets caustiques éventuels propres, sans qu'aucun traitement nouveau ait été superposé aux précédents.

Elles ont eu lieu les 22 et 29 février en ce qui concerne les dégâts causés par le gibier, le 25 juillet par rapport à l'état de la végétation. Les conclusions en sont résumées et chiffrées dans les tableaux VI, VII, VIII, IX, X, XI, XII, XIII, XIV, XV, XVI, XVII, XVIII, XIX et XX.

1) *Analyse comparée, en prenant en considération chacune des essences, de l'action répulsive des produits à l'endroit du gibier.*

Rappelons tout d'abord que les compartiments de la parcelle A n'ont reçu qu'une seule application de produit, tandis que ceux de la parcelle B ont été traités 2 fois, à un an d'intervalle. Notons aussi, pour débuter, que d'une manière générale les morsures ont été moins nombreuses qu'au cours des deux hivers précédents, ce qui résulte vraisemblablement d'une certaine accoutumance de la part du gibier à l'égard de l'état boisé existant. Enfin, répétons encore que la protection obtenue contre le gibier grâce au pouvoir répulsif du produit employé n'est pas nécessairement suffisante pour assurer la vie au plant, celui-ci pouvant disparaître du fait de la causticité du produit lui-même. Il est question de cette action indirecte un peu plus loin, sous une rubrique spéciale.

Hêtre :

Parcelle A : Le goudron de houille et la créosote ont conservé leur pouvoir répulsif. Le carbolineum s'est montré un peu inférieur à cet égard, tandis que les autres produits ont laissé à désirer.

Parcelle B : Appliqués 2 fois, le goudron de houille, la créosote, le carbolineum et le goudron végétal ont empêché toute morsure ; les autres produits, dans ces conditions, ne possèdent pas cette propriété.

Frêne :

Parcelle A : Seul le goudron de houille avait encore une action défensive suffisante contre le gibier.

Parcelle B : Le goudron de houille, la créosote et le carbolineum appliqués 2 fois ont encore éloigné les rongeurs ; le goudron végétal a perdu une partie de ses propriétés la deuxième année qui a suivi le traitement.

Peuplier du Canada :

Parcelle A : Le goudron de houille maintenait encore les plants à l'abri de la dent du gibier, la créosote laissant un peu à désirer.

Parcelle B : Deux applications de goudron de houille, de créosite, de créosote et de carbolineum ont tenu les rongeurs en respect ; le goudron végétal, lui, se montrait insuffisant un an après le second badigeonnage.

Peuplier blanc :

Parcelle A : Les conclusions ont été les mêmes que ci-dessus en ce qui concerne le goudron de houille et la créosote ; le carbolineum s'est rangé aux côtés de la créosote pour ce qui est de la durée de son efficacité répulsive.

Parcelle B : Appliqués 2 fois, le goudron de houille, le créosite, la créosote, le carbolineum et le goudron végétal ont écarté les morsures.

Charme :

Parcelle A : Le goudron de houille et le carbolineum appliqués en décembre 1949 possédaient encore un pouvoir répulsif suffisant ; la créosote, le créosite et le goudron végétal ont laissé à désirer.

Parcelle B : Le goudron de houille, le carbolineum et le goudron végétal appliqués deux fois, ont conservé leur action de défense vis-à-vis du gibier, tandis que la créosote s'est révélée insuffisante au cours de la deuxième année après le traitement

Chêne du pays :

Parcelle A : Le goudron de houille, la créosote, le créosite et le carbonileum, appliqués en décembre 1949, possédaient encore une action répulsive suffisante. Le goudron végétal a laissé un peu à désirer.

Parcelle B : Une seconde application des cinq produits suivants : goudron de houille, créosite, créosote, carbolineum et goudron végétal a maintenu les plants indemnes.

Chêne d'Amérique :

Parcelle A : Le goudron de houille et le créosite, appliqués en décembre 1949, avaient encore une vertu préservative suffisante ; la créosote et le goudron végétal n'ont plus été assez actifs.

Parcelle B : Une seconde application de goudron de houille, de créosote ou de carbolineum a bien défendu les plants traités ; le goudron végétal s'est montré un peu faible un an après le traitement.

Châtaignier :

Parcelle A : Seul parmi les produits appliqués en décembre 1949, le créosite s'avérait encore quelque peu répulsif, les autres s'étant montrés insuffisants ou ayant causé le dépérissement des plants.

Parcelle B : Le goudron végétal et la créosote, appliqués deux fois, ont assuré l'éloignement du gibier, tandis que le carbolineum et le créosite, principalement ce dernier, ont manifesté une certaine faiblesse.

Érable sycomore :

Cette espèce est peu recherchée par le lapin : il ressort de nos constatations

que le goudron végétal appliqué 1 ou peut-être 2 fois, protège bien les plants sans aucun préjudice pour leur vitalité.

Aune blanc et Aune glutineux :

Ces deux espèces ont été garanties contre les morsures grâce à une seule application de goudron de houille, de créosite, de créosote, de carbolineum ou de goudron végétal. En tout état de cause, les dégâts causés par le gibier ont été rarement importants.

Bouleau :

Parcelle A : Le créosite et le goudron végétal, appliqués en décembre 1949, n'ont rien perdu de leur répulsivité ; les autres se sont révélés insuffisants ou ont provoqué le dépérissement des plants.

Parcelle B : Le créosite, la créosote, le carbolineum et le goudron végétal, appliqués deux fois, ont maintenu les plants à l'abri des attaques du gibier.

Robinier faux-acacia :

Parcelle A : L'espèce a été sensiblement moins recherchée la dernière année de nos observations, ce qui peut être attribué au développement pris par les plants. Elle semble actuellement susceptible d'auto-défense grâce à ses dimensions.

Parcelle B : Une seule application de goudron de houille, de créosote, de créosite ou de carbolineum a conservé ses propriétés répulsives comme aussi l'emploi de goudron végétal. Une seconde application de ces produits a paru plus néfaste qu'utile.

Coudrier :

Parcelles A et B : Le goudron de houille, la créosote, le carbolineum et le goudron végétal appliqués une seule fois et le créosite appliqué une seconde fois, un an après le premier traitement, assurent une bonne protection des plants.

Saule marceau :

Parcelle A : Le goudron de houille, le créosite, la créosote et le carbolineum appliqués en décembre 1949 témoignaient d'une vertu répulsive encore active.

Parcelle B : Ces mêmes produits auxquels on peut joindre le goudron végétal, appliqués 2 fois, ont bien garanti les plants contre les entreprises du gibier.

Cerisier de Virginie :

Une seule application des produits suivants : goudron de houille, créosite,

créosote, carbolineum et goudron végétal a suffi pour empêcher l'apparition de plaies par morsures.

Nous avons également observé que, pour toutes les essences, les guêtres de papier Kraft, placées en décembre 1949, ne protégeaient plus suffisamment les plants durant ce troisième hiver : à ce moment, les sujets découverts souffraient beaucoup plus des morsures en raison de leur consistance herbacée, consistance dont nous avons exposé plus haut les causes et qui rend le lapin plus friand.

Il conviendrait donc de libérer les plants de leur enveloppe de papier vers le milieu du printemps et de la renouveler dans le courant de l'automne suivant. Quant aux guêtres remplacées en décembre 1950, leur état de conservation était encore assez bon pour leur permettre de remplir leur rôle protecteur, abstraction faite de leur influence fâcheuse sur les formations péridermiques.

2) *Action des produits sur la vitalité des plants traités.*

Le *goudron de houille*, même après une seule application, s'est révélé de plus en plus préjudiciable ; au terme du troisième hiver presque tous les plants des diverses essences avaient disparu à l'exception de ceux de robinier faux-acacia, de frêne, de charme et de peuplier blanc, encore que ces derniers portassent de nombreuses traces de brûlure sous l'écorce. Une seconde application n'a plus été supportée que par le robinier faux-acacia et par le frêne.

Le *créosite*, en un seul traitement, a manifesté des effets caustiques sur les 3 espèces suivantes : aune, érable sycomore et châtaignier. Cette action nuisible qui était déjà perceptible au cours de la première année de l'essai n'a pas semblé s'atténuer dans la suite. Dans le compartiment ayant subi une deuxième intervention, le cerisier de Virginie, le saule et le coudrier, celui-ci déjà touché l'année précédente, ont vu leur nombre se réduire.

La *créosote* appliquée une fois, a déjà été préjudiable au cerisier de Virginie, au bouleau et à l'érable dès la première année. Un second traitement a également causé des dégâts au coudrier, au chêne du pays et aux aunes.

Un seul badigeonnage à l'aide de *carbolineum* a nui au cerisier de Virginie, à l'érable et au châtaigner ; un second s'est montré défavorable au chêne du pays.

Un premier revêtement de *goudron végétal* s'est avéré inoffensif et ce, quelle que soit l'espèce considérée ; un deuxième traitement a provoqué des nécroses chez le cerisier de Virginie, le saule et le coudrier.

4. Conclusions générales d'ordre pratique

1. L'échelle de préférence du gibier selon les essences s'est établie comme suit en ordre décroissant : Peuplier du Canada, Peuplier blanc, Frêne, Châtaignier, Robinier et Mélèze, Chêne d'Amérique et Bouleau, Aune glutineux, Saule marceau, Aune blanc et Chêne pédonculé, Charme, Coudrier et Érable, Cerisier

de Virginie et Hêtre. Elle ressort parfaitement des courbes de fréquence des attaques, dans les compartiments témoins, qui font l'objet du graphique 1 annexé. Hâtons-nous d'ajouter que, pour certaines espèces et en raison du système de notations employé, cet ordre peut-être considérablement bouleversé suivant la grosseur des sujets en observation.

2. Il n'est guère possible, par les moyens mis en œuvre, de soustraire aux atteintes du petit gibier les jeunes plantations résineuses. Indépendamment de leur tige principale généralement peu élevée et qui peut être plus ou moins sauvegardée, les sujets sont exposés à subir une taille à tel point sévère et répétée qu'elle supprime toute possibilité de reprise.

3. Des 10 produits utilisés pour les essais, 5 seulement ont témoigné en une seule application annuelle, d'un pouvoir répulsif susceptible de protéger les jeunes plants ce sont : le goudron de houille, le créosite, la créosote, le carbolineum et le goudron végétal. Toutefois, certains d'entre eux, par leurs effets caustiques propres, sont de nature à entraîner la mort de la tige chez beaucoup d'espèces ou tout au moins d'y déclancher des séquelles physiologiques très préjudiciables à la survivance. Dès lors, même quand leur emploi est recommandé, il est prudent de ne les utiliser qu'en petite quantité et de les étendre soigneusement en une couche de faible épaisseur.

4. Le *goudron de houille* appliqué au pinceau, mais sans excès et une seule fois, apporte au frêne et au robinier faux-acacia une sauvegarde efficace et durable sans contre-partie nuisible à la vitalité des plants.

5. Le *créosite* en un seul et léger badigeonnage protège pour longtemps le chêne pédonculé, le bouleau et le robinier.

6. La *créosote*, dans les mêmes conditions de traitement, a produit des résultats identiques sur le hêtre, le chêne d'Amérique et le saule. Le frêne, le peuplier blanc et le peuplier du Canada demandent une seconde couche du produit, qu'ils supportent sans inconvénient, avant d'aborder le deuxième hiver de leur mise en place.

7. Le *carbolineum* également en une seule application prévient les morsures chez le charme, l'aune, le coudrier et le saule, et ce, pendant plusieurs années, sans manifester d'effet caustique. Par rapport à ce même produit, frêne et le peuplier du Canada réclament, comme pour la créosote et à la même époque, une nouvelle intervention.

8. Le *goudron végétal* n'a d'effet répulsif complet que pendant la première année qui suit le traitement. Il est donc nécessaire de renouveler la couche protectrice à la fin de chaque automne aussi longtemps que les atteintes du gibier sont à craindre, ce qui se traduit généralement au total par deux applications Nos préférences iraient volontiers à ce dernier produit, qui se montre, d'une manière générale, moins nocif que les précédents, à condition qu'il se présente sous un état suffisamment fluide pour permettre une utilisation facile, et sous un degré d'acidité inférieur à 7 % de manière à réduire au minimum son pouvoir caustique. Employé de la sorte, le goudron végétal est un bon agent de préservation, susceptible de sauvegarder les plants de hêtre, de peuplier du

Canada, de peuplier blanc, de chêne pédonculé (le chêne rouvre n'a pas figuré dans les essais, mais il est à supposer qu'ils se comporterait comme son congénère), de chêne d'Amérique, de châtaignier, d'érable sycomore, d'aune blanc, d'aune glutineux, de bouleau et de robinier.

Quant au coudrier, au saule et au cerisier de Virginie, ils souffrent sérieusement d'une deuxième application.

9. Les autres produits : *huile de poisson, Rodinol, Spraymoline* et les deux préparations à base de *carbolineum émulsionné additionné d'un adhésif* n'ont d'effet que pendant une période trop courte.

10. Le *papier Kraft* en manchon ligaturé de 3 ficelles protège intégralement tous les plants d'essence forestière. Son emploi ne se conçoit, bien entendu, que sur des tiges nettes à hauteur convenable. Il est alors apte à continuer ses services pendant 2 hivers, mais il a l'inconvénient d'amener progressivement l'écorce à un état chlorotique et à une consistance tendre qui la font très apprécier par le petit gibier dès qu'elle se découvre à la suite de la désintégration de l'enveloppe de papier. Il conviendrait donc de libérer les plants, après chaque hiver, de leur gaine protectrice, ce qui les expose pendant un certain temps — le temps nécessaire au rétablissement de l'écorce dans sa texture normale — aux entreprises gloutonnes ou même purement vexatoires dont le lapin est coutumier, et ce qui implique en outre des manipulations supplémentaires coûteuses.

LABORATOIRE FORESTIER DE L'ÉTAT

Analyse physique, mécanique et anatomique de bois d'Épicea, *Picea abies* KARST (*P. excelsa* LINK), originaires de différentes stations de la Haute Ardenne

par J. Fouarge et E. Sacré.

1° Introduction.

L'épicéa est une essence forestière très importante pour notre pays. Ses peuplements y couvrent une superficie d'environ 100.000 Ha.

On a commencé à le répandre dans les boisements vers le milieu du siècle dernier.

Il est particulièrement bien représenté en Ardenne. Il est même presque exclusif sur les hauts plateaux ; il y rencontre d'ailleurs des conditions climatiques rappelant celles de ses stations naturelles.

Presque toujours introduit par voie de plantation, il forme le plus souvent des futaies pures et équiennes ; il est cependant parfois, quoique rarement, cultivé en mélange avec d'autres essences : le hêtre, le sapin pectiné et le douglas.

L'épicéa s'est révélé précieux pour la mise en valeur des terres incultes, surtout des terres humides, notamment des fagnes, ou abandonnées par une agriculture extensive, pour la restauration des futaies feuillues, ainsi que pour la transformation des pineraies et la conversion des mauvais taillis.

Installé dans des situations aussi diverses, l'épicéa doit, semble-t-il, fournir des produits variables en quantité et en qualité.

Nos échantillons d'analyse ont été prélevés dans deux régions forestières de la Haute Ardenne : sur le plateau des Tailles, dans le domaine de la Cedrogne et sur le plateau de Saint-Hubert, dans les bois communaux de Bastogne et de Saint-Hubert.

Grâce aux renseignements phytosociologiques qui nous ont été aimablement communiqués par M. Noirfalise, professeur à l'Institut agronomique, nous

avons pu rattacher l'étude technologique des bois d'épicéa de ces deux régions aux différents types de pessière définis actuellement et comparer les produits de ces différents types.

Quoiqu'il soit possible de tirer, de la confrontation de caractéristiques anatomiques (épaisseur des anneaux ligneux), physiques et mécaniques, des conclusions utiles au sylviculteur désireux de produire, dans un endroit donné, les qualités les mieux adaptées à différents emplois, cette étude doit être considérée comme une simple contribution ou plutôt comme une première investigation dans le domaine de la technologie raisonnée du produit de nos pessières.

2° Matériel d'essais.

Les données suivantes se rapportent aux peuplements ou aux parcelles dans lesquels ont crû nos échantillons (1). Ceux-ci ont été prélevés en 1937 pour ce qui est de la première station (Cedrogne), sauf cependant les 3 tronçons de la catégorie sciage de la parcelle 110 dont les tiges ont été abattues en 1952 ; quant au matériel des bois communaux de Bastogne et de Saint-Hubert, il nous a été envoyé en 1946.

Situation.

1) Bois de la Commission d'Assistance Publique de Bruges. Lieu-dit « La Cedrogne », parcelle 110 (Haute Ardenne). Surface : 6 Ha. 10 a.

2) Bois de la Commission d'Assistance Publique de Bruges. Lieu-dit « La Cedrogne », parcelle 127 (Haute Ardenne). Surface : 6 Ha. 85 a.

3) Bois de la Commission d'Assistance Publique de Bruges. Lieu-dit « La Cedrogne », parcelle 130^{a} (Haute Ardenne). Surface : 2 Ha. 75 a.

4) Bois de la Commission d'Assistance Publique de Bruges. Lieu-dit « La Cedrogne » ,parcelle 130^{f} (Haute Ardenne). Surface : 3 Ha. 35 a.

5) Bois communal de Bastogne, en Freyr septentrional (Haute Ardenne). Lieu-dit « Fange de Falgaute ». Surface : 18 Ha. 66 a.

6) Bois communal de Saint-Hubert (Haute Ardenne). Lieu-dit « Moite Bonne Ferme ». Surface : 19 Ha.

Exposition. Altitude.

1) Plateau en pente très légère vers le S. 580 m.
2) Plateau en pente très faible vers le S. 530 m.
3) Plateau en pente très faible vers le S. 550 m.
4) Plateau en pente très faible vers le S. 550 m.
5) Pente douce vers le N-O. 550 m.
6) Pente légère vers le S-O. 550 m.

(1) Nous remercions Monsieur Turner, Directeur Général des Eaux et Forêts, Monsieur Poncelet, Inspecteur, et Monsieur Lemaître, Garde Général, qui nous ont très aimablement procuré le matériel de recherches et tous les renseignements relatifs à sa provenance.

Photo E. Maudoux 1951.

Fig. 1. — Cedrogne. Aspect actuel de la parcelle 110.

Photo E. Maudoux 1951.

Fig. 2. — Cedrogne. Aspect actuel de la parcelle 127.

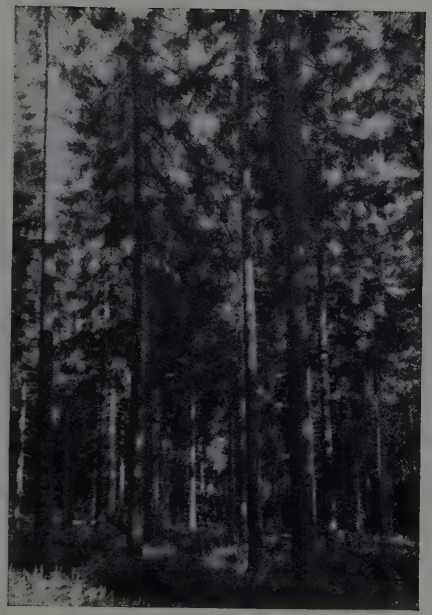


Photo E. Maudoux 1951.

Fig. 3. — Cedrogne. Aspect actuel de la parcelle 130a.

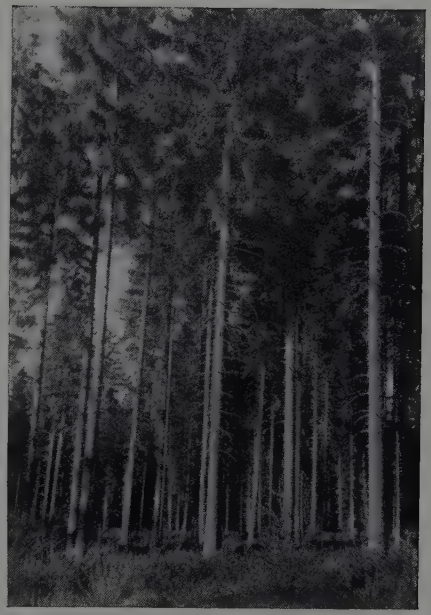


Photo E. Maudoux 1951.

Fig. 4. — Cedrogne. Aspect actuel de la parcelle 130f.

Sol.

1) Gedinnien ; limon détritique des plateaux, assez profond, frais.
2) Gedinnien ; limon détritique des plateaux, profond, frais.
3) Gedininen ; limon détritique des plateaux, assez profond, assez frais.
4) Gedinnien ; limon gris des plateaux (argile blanche), suffisamment profond, très frais.
5) Siegenien inférieur et moyen ; tourbe peu épaisse sur argile blanche.
6) Siegenien inférieur et moyen ; sol superficiel, plutôt sec.

Couverture.

1) Morte : aiguilles ; décomposition lente au moment du prélèvement des tiges, bonne actuellement sous l'influence des éclaircies. Vivante : nulle. Type de pessière fermée à humus doux (1).
2) Morte : aiguilles ; bonne décomposition. Vivante : herbages divers, framboisier. Type de pessière à humus brut.
3) Morte : aiguilles ; bonne décomposition. Vivante : herbages divers, framboisier. Type de pessière à humus brut.
4) Morte : aiguilles ; bonne décomposition. Vivante : herbages divers, framboisier. Type de pessière à humus brut, variante plus fraîche.
5) Morte : aiguilles ; décomposition assez lente. Vivante : nulle. Type de pessière tourbeuse.
6) Morte : aiguilles ; décomposition assez lente. Vivante : nulle. Type de pessière à humus brut, variante relativement sèche.

État antérieur.

1) Prairie abandonnée par l'agriculture.
2) Futaie feuillue.
3) Futaie feuillue.
4) Futaie feuillue.
5) Terrain inculte (probablement lande tourbeuse).
6) Pineraie.

Peuplement.

1) En 1937 : mélange par pieds isolés d'épicéa (90 %) et de douglas vert (10 %).

A l'heure actuelle, la futaie est du même type avec une proportion de 85 % d'épicéa et de 15 % de douglas, mais elle a souffert de la réalisation d'arbres mitraillés.

2) En 1937 : épicéa à l'état pur.

(1) Les types de pessière mentionnés ici sont conformes aux types reconnus par le Centre de Cartographie phytosociologique au Plateau des Tailles. Planchette 179 W. Odeigne (sous presse).

En 1952 : vieille futaie claire d'épicéa, sous-étagée artificiellement par trouées en hêtre et en sapin pectiné ainsi que naturellement en épicéa.

3) En 1937 : épicéa à l'état pur.
En 1952 : même situation qu'au 2 ci-dessus.
4) En 1937 : épicéa à l'état pur.
En 1952 : même situation qu'au 2 ci-dessus.
5) En 1946 : épicéa à l'état pur.
6) En 1946 : épicéa à l'état pur.

Origine.

1) Plantation en 1901.
2) Plantation en 1865.
3) Plantation en 1864.
4) Plantation en 1859.
5) Plantation en 1898.
6) Plantation en 1898.

État du peuplement.

1) En 1937 : densité moyenne ; rectitude parfaite ; bon élagage naturel.
En 1952 : densité moyenne ; rectitude parfaite ; branches mortes peu nombreuses.

2) En 1937 : densité moyenne ; rectitude parfaite ; branches mortes peu nombreuses.
En 1952 : densité très faible ; rectitude parfaite ; branches mortes peu nombreuses.

3) En 1937 : densité moyenne ; rectitude parfaite ; branches mortes peu nombreuses.
En 1952 : densité très faible ; rectitude parfaite ; branches mortes peu nombreuses.

4) En 1937 : densité moyenne ; rectitude parfaite ; branches mortes peu nombreuses.
En 1952 : densité très faible ; rectitude parfaite ; branches mortes peu nombreuses.

5) En 1946 : densité moyenne ; bonne rectitude de fût ; branches mortes jusque 13 m de hauteur.

6) En 1946 : densité moyenne ; bonne rectitude de fût ; branches mortes jusque 10 m de hauteur.

Traitement.

1) En 1937 : éclaircies à la rotation de 3 ans.
En 1952 : éclaircies à la rotation de 6 ans avec passage facultatif à mi-rotation.

2) Transformation en futaie mélangée et d'âges multiples. Éclaircies et coupes secondaires à la rotation de 6 ans avec passage facultatif à mi-rotation.

3) Transformation en futaie mélangée et d'âges multiples. Éclaircies et coupes secondaires à la rotation de 6 ans avec passage facultatif à mi-rotation.

4) Transformation en futaie mélangée et d'âges multiples. Éclaircies et coupes secondaires à la rotation de 6 ans avec passage facultatif à mi-rotation.

5) Éclaircies à la rotation de 4 ans.

6) Éclaircies à la rotation de 5 ans.

Composition à l'hectare.

1) En 1937 (36 ans) : 1.500 tiges ; hauteur totale moyenne : 14 m ; diamètre moyen à 1,50 m : 0,16 m ; volume bois fort : 300 m³.

En 1952 (51 ans) : 900 tiges ; hauteur totale moyenne : 19 m ; diamètre moyen à 1,50 m : 0,25 m ; volume bois fort : 450 m³.

2) En 1937 (72 ans) : 625 tiges ; hauteur totale moyenne : 23 m ; diamètre moyen à 1,50 m : 0,30 m ; volume bois fort : 500 m³.

En 1952 (87 ans) : 150 tiges ; hauteur totale moyenne : 25 m ; diamètre moyen à 1,50 m : 0,35 m ; volume bois fort : 180 m³.

3) En 1937 (73 ans) : 625 tiges ; hauteur totale moyenne : 23 m ; diamètre moyen à 1,50 m : 0,30 m ; volume bois fort : 500 m³.

En 1952 (88 ans) : 125 tiges ; hauteur totale moyenne : 25 m ; diamètre moyen à 1,50 m : 0,35 m ; volume bois fort : 150 m³.

4) En 1937 (78 ans) : 600 tiges ; hauteur totale moyenne : 23 m ; diamètre moyen à 1,50 m : 0,30 m ; volume bois fort : 480 m³.

En 1952 (93 ans) : 80 tiges ; hauteur totale moyenne : 25 m ; diamètre moyen à 1,50 m : 0,37 m ; volume bois fort : 95 m³.

5) En 1946 (48 ans) : 950 tiges ; hauteur totale moyenne : 20 m. ; diamètre moyen à 1,50 m : 0,27 m ; volume bois fort : 475 m³.

6) En 1946 (48 ans) : 1.050 tiges ; hauteur totale moyenne : 20 m ; diamètre moyen à 1,50 m : 0,22 m ; volume bois fort : 475 m³.

Les fig. 5 et 6 traduisent graphiquement les résultats de 2 analyses de tiges moyennes appartenant aux parcelles 110 et 130ª (1) ; elles fournissent une idée assez exacte de la marche de l'accroissement dans ces situations particulières.

Les données en ont été recueillies sur de petits cylindres ligneux prélevés à la tarière de Pressler tous les 1 ou 2 m.

Détail du matériel expérimenté.

Les tronçons d'analyse repris dans le tableau ci-dessous proviennent chacun de tiges différentes.

Dans la parcelle 110, ils ont été prélevés vers le 1/3 de la hauteur, soit à environ 6 m du pied ; dans les parcelles 127, 130ª, 130ᶠ ainsi que dans les peuplements de Bastogne et de Saint-Hubert, la découpe a eu lieu vers le 1/5 de la hauteur, c'est-à-dire à environ 4 m du collet.

(1) Nous exprimons ici notre gratitude à MM. les Gardes Généraux des Eaux et Forêts Lemaître et Cornu qui ont bien voulu procéder à ces analyses de tiges.

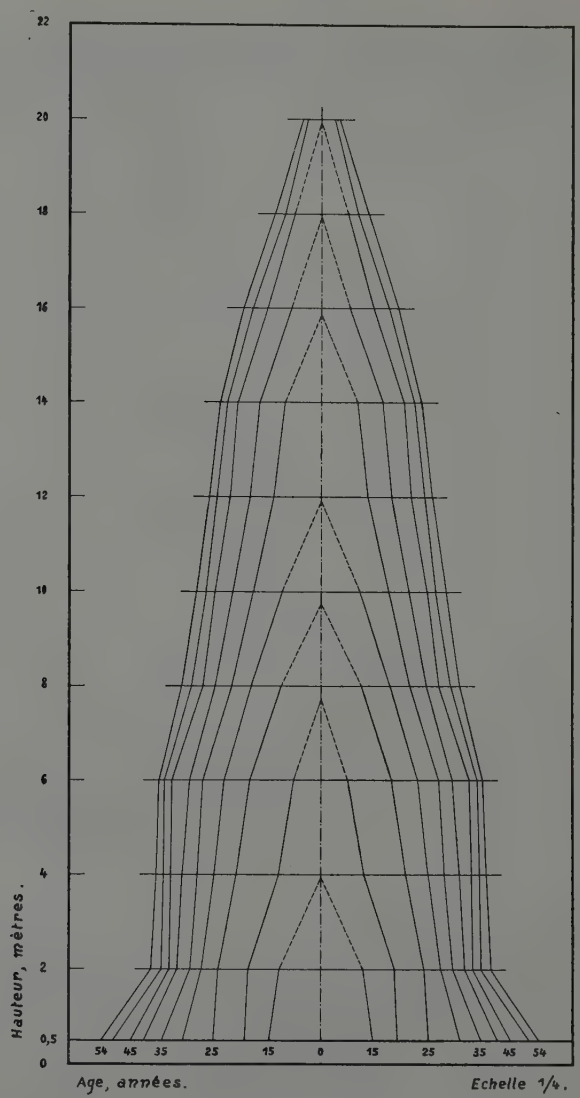


FIG. 5. — Diagramme de l'analyse d'une tige moyenne de la parcelle 110.

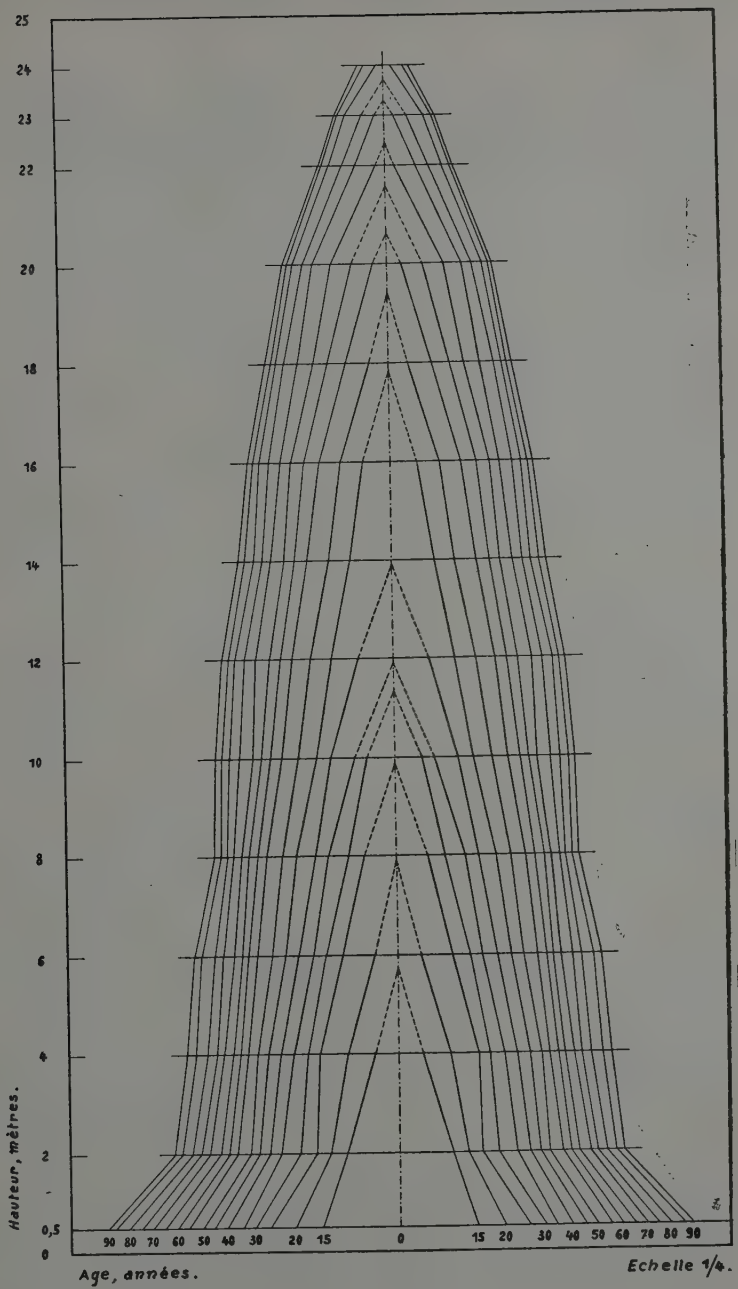


FIG. 6. — Diagramme de l'analyse d'une tige moyenne de la parcelle 130a.

Parcelle	N° du tronçon	Catégorie	Nombre de cernes annuels
a) *Cedrogne*			
110	1	bois de mine	24
110	2	»	25
110	3	»	24
110	1	bois de sciage	28
110	2	»	31
110	3	»	30
127	1	bois de mine	52
127	2	»	55
127	3	»	56
127	1	bois de sciage	56
127	2	»	57
127	3	»	58
130a	1	bois de mine	57
130a	2	»	56
130a	3	»	50
130a	1	bois de sciage	64
130a	2	»	64
130a	3	»	63
130f	1	bois de mine	49
130f	2	»	44
130f	3	»	49
130f	1	bois de sciage	57
130f	2	»	64
130f	3	»	60
b) *Bastogne*			
	1	bois de mine	34
	2	»	29
	3	»	40
	1	bois de sciage	41
	2	»	37
	3	»	39
c) *Saint-Hubert*			
	1	bois de mine	34
	2	»	20
	3	»	39
	1	bois de sciage	35
	2	»	27
	3	»	32

3° Mode opératoire.

Il s'inspire de la méthode française proposée par M. Monnin, ancien conservateur des Eaux et Forêts. Nous avons fait un exposé succinct de cette méthode dans notre première étude sur le bois de pin laricio de Corse (1).

Quant au mode opératoire particulier, il est lui-même identique à celui qui fut appliqué lors des essais sur l'espèce précitée, sauf en ce qui concerne la correction des résultats par rapport au taux d'humidité.

Il peut être résumé comme suit :

Disposant d'échantillons de provenances et de catégories diverses, nous avons fait, au cours de notre travail d'expérimentation, la distinction entre ces provenances et ces catégories. Comme les résultats diffèrent avec le pourcentage d'humidité de l'échantillon, il est nécessaire de les ramener à un taux uniforme, soit 15 %, afin de rendre les comparaisons possibles. On sait que la variation de la résistance par % d'humidité se détermine expérimentalement pour chaque sollicitation. Afin de pouvoir en même temps rechercher les caractéristiques se rapportant à la provenance, à la catégorie et à la situation de l'éprouvette dans le tronçon (centre ou extérieur), nous avons été amenés à opérer de la manière développée ci-dessous :

a) Matériel provenant des parcelles 110, 127, 130^a, 130^f, catégorie bois de mine : chaque tronçon a été débité suivant les rayons médullaires, de façon à en tirer le maximum d'éprouvettes de 2 cm × 2 cm × 30 cm. Au surplus, il a été possible de classer les éprouvettes d'après leur situation dans la tige en deux lots distincts, celles provenant du centre et celles provenant de l'extérieur ; la proportion des unes par rapport aux autres ayant été, le plus souvent, de 1/3 à 1/4.

En vue de soumettre ces éprouvettes aux essais à des taux d'humidité différents, nous les avons réparties en deux groupes aussi homogènes que possible, pris dans le prolongement l'un de l'autre.

Un troisième groupe d'éprouvettes, indépendant des deux premiers, a servi à l'épreuve du choc.

Dans chacun des groupes, nous avons examiné séparément les éprouvettes tirées du centre et celles provenant de l'extérieur du tronçon, dans le but de déceler les différences éventuelles de qualité en rapport avec les deux situations envisagées.

b) Matériel provenant des parcelles 127, 130^a et 130^f, catégorie bois de sciage : chaque tronçon a été débité en éprouvettes de la manière décrite ci-dessus et dans les mêmes proportions, mais on a pu tirer de chacun d'eux trois groupes de 20 éprouvettes.

Deux de ces groupes, pris dans le prolongement l'un de l'autre, ont été sou-

(1) J. Fouarge, Analyse physique, mécanique et anatomique de bois de Pin laricio de Corse, *Pinus nigra* var. *calabrica* Schneid. (*Pinus laricio* var. *corsicana* Hort.) *Bull. de l'Inst. agr. et des Stat. de Rech. de Gembloux, Belg.*, T. VII, n° 4, pp. 361-395, Gembloux (1938).

mis au divers essais sous des taux d'humidité différents ; le troisième, prélevé en dehors des deux autres, a servi à l'épreuve du choc.

c) Matériel provenant de la parcelle 110, catégorie bois de sciage : les trois tronçons étaient de longueur suffisante pour permettre d'en tirer trois groupes d'éprouvettes dans le prolongement l'un de l'autre ; les éprouvettes homologues ont reçu la même numérotation, avec un indice particulier pour chaque groupe. Le premier de ceux-ci a servi à l'épreuve du choc, les deux suivants aux différents autres essais. Les mêmes dispositions qu'en *b* ont été observées en ce qui concerne le nombre d'éprouvettes (sauf pour le tronçon n° 2, duquel il n'a pas été possible de prélever les trois lots de 20 éprouvettes du fait que le bois présentait de nombreuses galeries de scolytes), leur situation dans la tige et leur proportion respective.

d) Matériel provenant de Bastogne, catégorie bois de mine : les mêmes dispositions qu'en *c* ont pu être appliquées, sauf pour le nombre d'éprouvettes, qui a été proportionnel au diamètre de chaque tronçon.

e) Matériel provenant de Bastogne, catégorie bois de sciage : la présence de nœuds, assez nombreux dans chacun des trois tronçons d'analyse, n'a pas permis de découper 20 éprouvettes dans chacun des trois groupes ; celles-ci ont été réparties de la manière indiquée en *c*.

f) Matériel provenant de Saint-Hubert, catégorie bois de mine : mêmes dispositions qu'en *d*.

g) Matériel provenant de Saint-Hubert, catégorie bois de sciage : mêmes dispositions qu'en *c*.

4° Influence de la teneur en eau. Les corrections.

Les résultats des essais sont influencés plus ou moins fortement par la teneur en eau des échantillons. Il en est ainsi pour la dureté, la densité, la compression, la flexion statique, la raideur, la traction et le fendage. Seul le travail total de rupture par choc ne varie pratiquement pas avec le degré d'humidité de l'éprouvette.

Pour permettre les comparaisons, il est nécessaire de ramener tous les résultats variables suivant la teneur en eau à leur valeur pour un taux d'humidité uniforme, par exemple de 15 %, celui-ci étant le taux moyen ou normal, dans nos régions, des bois dits secs à l'air.

La méthode générale de détermination de la valeur chiffrée des essais à 15 % d'humidité est la suivante :

a) On établit la moyenne des résultats directs obtenus au cours de l'analyse des deux groupes d'éprouvettes dont il a été question dans le mode opératoire, chacun d'eux ayant été éprouvé sous un taux d'humidité propre.

b) La valeur chiffrée pour une teneur en eau de 15 % se calcule par interpolation entre les deux moyennes.

5° Analyse comparative du bois des différentes parcelles.

1) *Cedrogne, parcelle* 110, *pessière à humus doux.*

a) Bois catégorie mine (tableaux d'analyse I, II, III, IV).

Il ressort en premier lieu de l'examen des résultats que le bois du centre de la tige est inférieur à celui de l'extérieur ; toutefois ses retraits total et unitaire sont moins élevés, son adhérence légèrement plus forte et sa fissilité un peu moins grande.

Au point de vue anatomique, les cernes annuels des échantillons examinés sont larges et la proportion de bois d'été, faible pour le premier tronçon et forte pour les deux autres, est moyenne pour l'ensemble.

Au point de vue physique, le bois est léger et très tendre, son retrait total et ses coefficients de rétractibilité sont moyens.

Au point de vue mécanique, la valeur absolue des résistances en compression, en flexion statique et en flexion dynamique se situe à l'échelle inférieure. Les cotes de qualité par rapport à ces diverses sollicitations sont en général moyennes. Les tenues à l'humidité sont meilleures en compression qu'en flexion. Au cours de l'essai de flexion statique, 40 % des éprouvettes ont annoncé, par un craquement, l'imminence de leur rupture. Notons encore que le bois est moyennement adhérent et qu'il est fissile.

Des caractéristiques que nous venons d'énoncer, il résulte que les épicéas de la parcelle envisagée ont une croissance rapide, mais qu'ils produisent un bois de mine de qualité plutôt inférieure.

b) Bois catégorie sciage (tableaux d'analyse V, VI, VII, VIII).

Examiné dans des dimensions plus fortes, le bois de la parcelle 110 offre également, pour la portion centrale par rapport à l'axe des sujets, des résultats inférieurs à ceux de la région extérieure, avec les mêmes exceptions que celles rencontrées dans la catégorie précédente.

L'épaisseur moyenne des accroissements est ici plus forte encore que dans le premier cas et la proportion de bois d'été plus faible.

En conséquence et toujours par comparaison avec la catégorie bois de mine, il semble que les valeurs absolues des résistances à la compression et à la flexion statique diminuent légèrement. Toutefois, par suite de la densité un peu plus faible des échantillons du type en cause, les cotes de qualité relatives aux deux sollicitations envisagées restent, elles, sensiblement de la même grandeur. Enfin, les bois de cette classe conservent à peu près la même raideur que ceux de dimensions plus faibles de la même parcelle et annoncent plus régulièrement l'imminence de leur rupture, 54 % des éprouvettes ayant émis un craquement au cours de l'essai de flexion statique.

Les usages auxquels il convient de les réserver sont les suivants : menuiserie ordinaire (adhérence, fissilité et retraits moyens), caisserie et gainerie, emplois pour lesquels ils se révèlent pourtant assez fragiles, charpente ordinaire, mais à condition de forcer un peu les dimensions des équarrissages.

2) *Cedrogne, parcelle* 127, *pessière à humus brut.*

a) Bois catégorie mine (tableaux d'analyse IX, X, XI, XII).

Nous pouvons également déduire de l'examen des résultats consignés dans ces tableaux que le bois du centre de la tige est doué de propriétés physiques et mécaniques inférieures à celles du bois de l'extérieur, sauf en ce qui concerne les retraits, l'adhérence et la fissilité.

Les tronçons examinés présentent des accroissements étroits, plus larges toutefois dans leur partie centrale, et renferment une forte proportion de bois d'été.

Leurs caractéristiques physiques sont celles d'un bois tendre, voire mi-dur pour le troisième échantillon, mi-lourd, nerveux et à fort retrait total.

Soumis aux épreuves de compression, de flexion statique et de choc, ils se sont révélés supérieurs, compte tenu de leur nature de bois résineux. Leurs cotes de qualité par rapport à ces sollicitations sont également élevées, à l'exception cependant des cotes statique et spécifique qui ne sont que moyennes. La majeure partie des éprouvettes (80%) ont prévenu de leur rupture prochaine par flexion. Par contre, la tenue à l'humidité apparaît presque médiocre en compression et mauvaise en flexion. Signalons encore, parmi les caractéristiques relevées, une adhérence à peine moyenne et une grande fissilité.

De tout quoi il est permis de conclure que les bois ayant crû dans la parcelle 127 peuvent être qualifiés d'excellents pour la mine, abstraction faite cependant de leurs forts retraits et de leur grande élasticité, cette dernière propriété étant de nature à leur faire prendre prématurément de la flèche.

b) Bois catégorie sciage (tableaux d'analyse XIII, XIV, XV, XVI).

Comme pour la catégorie mine, on peut établir la même distinction qualitative entre bois du centre et bois de l'extérieur.

Les tronçons d'analyse montrent des cernes annuels assez larges, principalement dans la région du centre, et contiennent une proportion de bois d'été au plus moyenne.

Leur bois, quoique léger et très tendre, demeure nerveux.

Sa résistance est moyenne en compression et au choc, moins que moyenne en flexion simple. Ses cotes de qualité, pour les trois dernières sollicitations, restent toutefois élevées, sauf celles de compression qui sont moyennes. Environ 43 % des éprouvettes ont laissé pressentir leur rupture par flexion. A part la raideur qui est un peu plus forte, les autres caractéristiques de ces échantillons (tenue à l'humidité, adhérence, fissilité) sont assez semblables à celles observées pour le bois de mine de la même parcelle.

Nous pouvons dès lors qualifier le bois de sciage de la parcelle 127 comme étant d'une bonne valeur moyenne pour la charpente et pour les emplois soumis aux chocs, tels que la caisserie et la gainerie. Il satisfait encore aux exigences de la menuiserie commune, qui utilisera de préférence ses débits sur quartier.

3) *Cedrogne, parcelle* 130^a, *pessière à humus brut.*

a) Bois catégorie mine (tableaux d'analyse XVII, XVIII, XIX, XX).

Le bois de cette catégorie montre une certaine analogie de propriétés avec son homologue de la parcelle précédente (tableaux XII et XX).

L'un et l'autre présentent les mêmes caractéristiques en ce qui concerne la largeur des cernes et la proportion de bois d'été.

Leur dureté, leur densité, leur retrait, soit total, soit unitaire, sont aussi assez voisins, quoique légèrement plus faibles pour les produits de la parcelle qui nous occupe.

Les valeurs absolues des résistances mécaniques, tout en restant assez fortes, sont aussi moins élevées, mais les cotes de qualité ne diffèrent pratiquement pas des premières. Au surplus, les échantillons de cette parcelle possèdent une meilleure tenue à l'humidité en compression et en flexion que ceux de même catégorie de la parcelle 127 ; toutefois, en ce qui concerne cette dernière sollicitation, ils ne préviennent pas aussi régulièrement de leur rupture prochaine (36 % seulement des éprouvettes ont émis des craquements, au lieu de 80 % dans le cas précédent).

D'une manière générale, les épicéas ici envisagés se sont révélés à peu près équivalents en qualité, pour ce qui est de leur emploi dans la mine, à ceux de même dimension récoltés dans la parcelle 127 ; la même remarque s'impose cependant au point de vue de leur élasticité et de leur retrait total.

b) Bois catégorie sciage (tableaux d'analyse XXI, XXII, XXIII, XXIV).

Comparativement aux échantillons de même catégorie de la parcelle 127, ceux-ci ont des accroissements de largeur moyenne plus faible et une proportion de bois d'été plus forte (tableaux XVI et XXIV).

Ils sont aussi plus durs et leurs retraits sont moins élevés, ce qui est à leur avantage.

Par contre, les valeurs absolues moyennes de leurs résistances à la compression, à la flexion statique et à la flexion dynamique sont moins élevées ; ce fait est dû aux résultats particulièrement faibles obtenus lors de l'analyse mécanique de leur partie centrale, à cernes annuels très larges. Leurs cotes de qualité par rapport aux trois sollicitations précitées sont aussi plus faibles, à part cependant celle relative à la raideur qui, elle, augmente légèrement. Leur tenue à l'humidité reste, comme nous avons déjà pu le signaler pour le bois de la parcelle 127, un peu meilleure en compression qu'en flexion. Ajoutons encore que, à l'épreuve de flexion, les éprouvettes ont prévenu de leur rupture dans une proportion de 55 %.

Il est permis, en conclusion, de qualifier le bois de sciage de cette parcelle comme étant de valeur moyenne pour la charpente et pour la menuiserie ordinaire, de même que pour les emplois soumis aux chocs et aux vibrations (caisserie, gainerie).

4) *Cedrogne, parcelle* 130f, *pessière à humus brut, variante plus fraîche.*

a) Bois catégorie mine (tableaux d'analyse XXV, XXVI, XXVII, XXVIII).

Bien que caractérisés par des couches annuelles étroites et par une proportion de bois d'été relativement élevée, les épicéas de cette parcelle se différen-

cient nettement de ceux de même grosseur des deux parcelles examinées ci-avant (tableaux XII, XX et XXVIII).

Leur bois s'est montré en effet plus tendre (très tendre pour le troisième échantillon), plus léger, un peu moins affecté de retrait total et un peu moins nerveux.

Ses qualités mécaniques principales : résistance à la flexion dynamique, plus encore celles à la compression et à la flexion statique, n'atteignent pas non plus les valeurs absolues relevées sur les échantillons homologues des deux parcelles rappelées ; par contre celles relatives à la traction et au fendage sont plus élevées. Toujours en prenant les mêmes points de comparaison, ses cotes dynamique, de traction et de fendage se situent à un niveau un peu supérieur, son élasticité atteint le même ordre de grandeur et il occupe un plan intermédiaire quant à sa faculté d'annoncer sa rupture prochaine au cours de l'essai de flexion (50 % des éprouvettes ont émis des craquements).

Sa qualification générale sera dès lors la suivante : bois de mine de valeur moyenne, trop élastique pour les pièces soumises à la flexion.

b) Bois catégorie sciage (tableaux d'analyse XXIX, XXX, XXXI, XXXII).

Assez analogue à celui de même type des deux parcelles précédentes, il s'en distingue cependant par les quelques particularités suivantes.

La différence moyenne pour les trois tronçons d'analyse, entre le bois du centre de la tige et celui de l'extérieur, aux points de vue épaisseur des cernes, résistances unitaires à la compression et à la flexion statique est moins accusée, surtout par rapport à celle observée sur les échantillons de la parcelle 130^a.

Contrairement à ce que nous avons constaté jusqu'à présent, et le fait mérite d'être souligné, le bois central est légèrement plus résilient que celui qui l'entoure.

Notons encore, sa dureté intermédiaire, ses coefficients de rétractibilité moyens, ses tenues à l'humidité en flexion et en compression qui sont ici les meilleures, son adhérence plus forte et sa fissilité un peu moins grande (tableaux XVI, XXIV et XXXII).

Enfin, il prévient généralement de sa rupture prochaine par flexion statique, 72 % des éprouvettes ayant émis des craquements précurseurs.

De cet ensemble de propriétés, on peut conclure que les tronçons examinés se sont qualifiés pour l'utilisation en menuiserie commune, s'avérant même à cet égard supérieurs à ceux des deux origines précédentes ; ils se sont encore montrés de valeur sensiblement égale à ces derniers pour les emplois soumis à des chocs (caisserie, gainerie) ; enfin, ils se sont révélés de classe moyenne pour ce qui est de la charpente, usage au sujet duquel ils surpassent légèrement ceux de la parcelle 130^a.

5) *Bois communal de Bastogne (Freyr), pessière tourbeuse.*

a) Bois catégorie mine (tableaux d'analyse XXXIII, XXXIV, XXXV, XXXVI).

Les valeurs chiffrées moyennes résultant de l'analyse physique et mécanique

des trois tronçons diffèrent notablement de l'un à l'autre et sont particulièrement faibles pour le tronçon n° 2. Toutefois, elles sont plus ou moins étroitement liées à l'épaisseur des cernes annuels, à l'exception cependant de celles relatives à l'essai de choc qui restent pour ainsi dire constantes.

De l'examen du tableau XXXVI, qui réunit la moyenne des résultats obtenus sur les trois tronçons, on constate que les échantillons dont il est question ici présentent des caractéristiques assez voisines de celles qu'offrent les pièces d'analyse de même catégorie de la parcelle 110, pessière à humus doux de la Cedrogne (tableau IV).

Leurs propriétés physiques apparaissent cependant un peu meilleures.

Par contre, et bien que présentant une largeur moyenne d'accroissement moins grande, ils font preuve de qualités mécaniques plus faibles encore, si ce n'est en ce qui concerne la traction et le fendage. Soulignons aussi que 32 % seulement des éprouvettes ont prévenu de leur rupture prochaine à l'essai de flexion statique.

Au point de vue de leur qualification générale par rapport à l'utilisation dans la mine, on peut dire, semble-t-il, qu'ils se placent à un échelon moins élevé encore que leurs congénères de la Cedrogne auxquels nous les avons comparés.

b) Bois catégorie sciage (tableaux d'analyse XXXVII, XXXVIII, XXXIX, XL).

Au même titre que ce qui a été dit pour les bois de mine de même provenance, les produits de sciage du bois communal de Bastogne témoignent de propriétés comparables à celles dont ont fait preuve les bois de même catégorie de la parcelle 110 de la Cedrogne (tableaux VIII et XL).

Bien que leurs anneaux ligneux soient moins épais et par conséquent leur densité plus forte, ils sont néanmoins inférieurs à ceux de la parcelle rappelée en ce qui concerne leurs résistances et leurs cotes de qualité en compression, en flexion dynamique et en flexion statique. Au surplus, pour cette dernière sollicitation, ils ont rarement averti de leur rupture, 17 % seulement des éprouvettes l'ayant signalée.

Leur débouché principal paraît dès lors devoir être la menuiserie commune ; ils conviennent moins, en effet, pour les emplois soumis à des chocs (caisserie, gainerie), parce que trop fragiles, et ne satisfont guère non plus aux exigences de la charpente type, à moins que l'on augmente les dimensions des profils.

6) *Bois communal de Saint-Hubert, pessière à humus brut, variante relativement sèche.*

a) Bois catégorie mine (tableaux d'analyse XLI, XLII, XLIII, XLIV).

Comme il a été observé pour les épicéas de Bastogne de dimensions correspondantes, le bois de chacun des trois tronçons ici examinés ne présente pas non plus les mêmes propriétés. Relativement semblables pour les deux premiers échantillons, elles sont nettement différentes et d'un degré sensiblement plus

élevé chez le troisième, principalement en ce qui concerne la dureté, la densité, les résistances à la compression et à la flexion statique.

Les résultats moyens de l'analyse des trois tronçons en cause (tableau XLIV), offrent assez bien d'analogie avec ceux obtenus à partir des bois de mine de la parcelle 130^f de la Cedrogne (tableau XXVIII).

Cependant, et bien que l'épaisseur moyenne de leurs anneaux ligneux soit plus forte, les valeurs absolues de leurs résistances en compression et en flexion statique, de même que leurs cotes de qualité pour ces deux sollicitations sont un peu supérieures. Par contre, leurs caractéristiques de flexion dynamique, de traction et de fendage sont plus faibles. Au surplus, on n'a noté, chez ces derniers, qu'un faible nombre d'éprouvettes, 20 % seulement, ayant prévenu de leur rupture prochaine par flexion statique, ce qui est à leur désavantage.

En conclusion, les échantillons de bois de mine de Saint-Hubert, d'une bonne valeur moyenne, sont de loin supérieurs à ceux de Bastogne et supportent la comparaison avec ceux de la parcelle 130^f de la Cedrogne.

b) Bois catégorie sciage (tableaux d'analyse XLV, XLVI, XLVII, XLVIII).

Comme les produits de dimensions propres au sciage de la Cedrogne étudiés précédemment, les bois de même catégorie de la présente origine offrent des caractères distinctifs identiques en ce qui concerne les éprouvettes prélevées au centre et celles prélevées à l'extérieur de la tige.

L'épaisseur des couches annuelles, pour l'ensemble des trois tronçons, se situe entre celles relevées sur les échantillons de Bastogne d'une part et sur ceux de la parcelle 110 de la Cedrogne d'autre part (tableaux VIII, XL et XLVIII). Leur texture (rapport entre la zone dure d'été et l'épaisseur totale de l'accroissement annuel) est également faible.

Ces trois tronçons présentent, au total, des caractéristiques de dureté, de densité, de rétractibilité, de traction et de fendage analogues à celles du bois de sciage de la parcelle 130^f (tableaux XXXII et XLVIII).

Les valeurs absolues de leurs résistances en compression, en flexion et au choc sont nettement supérieures à celles des bois de Bastogne de même grosseur. Elles s'avèrent cependant encore inférieures à celles obtenues avec les tronçons de sciage de la parcelle 130^a (tableaux XXIV et XLVIII). Remarquons encore que 14 % seulement des éprouvettes du matériel soumis ici à l'analyse ont prévenu de leur rupture lors de l'essai de flexion simple.

Toutes ces constatations permettent de dire que les bois de la catégorie sciage de cette parcelle répondent plus ou moins aux conditions posées par les emplois suivants, cités en ordre décroissant pour ce qui est de l'aptitude à les satisfaire : menuiserie ordinaire, emplois soumis aux chocs et aux vibrations (caisserie, gainerie), enfin charpente ordinaire.

6° Relation entre les propriétés anatomiques, physiques et mécaniques du bois.

Nous avons, comme pour le pin sylvestre étudié antérieurement (1), mesuré sur chacun des échantillons soumis aux épreuves, la proportion en surface de bois d'été et l'épaisseur moyenne des accroissements (voir tableaux d'analyse I à XLVIII). Nous avons ensuite recherché s'il existait un rapport entre ces dernières caractéristiques et celles relevant de la physique et de la mécanique.

La fig. 7 donne une représentation graphique assez suggestive de l'interdépendance de tous ces facteurs.

Pour que la comparaison puisse s'établir sur des éléments de même valeur au point de vue de la situation dans la tige et de l'âge, nous n'avons pu prendre en considération que les 6 tronçons de Bastogne (catégories mine et sciage) figurant ensemble pour une part et les 6 tronçons de Saint-Hubert (catégories mine et sciage) intervenant pour l'autre part.

Nous avons alors, pour chacune de ces origines et pour chacun des tronçons (tableaux XXXIII, XXXIV, XXXV, XXXVII, XXXVIII, XXXIX et XLI, XLII, XLIII, XLV, XLVI, XLVII), relevé la largeur moyenne des cernes annuels de la partie centrale et celle de la partie extérieure, puis nous avons posé en regard les valeurs chiffrées relatives à la proportion de bois d'été, à la dureté, aux résistances en compression et en flexion. Pour toutes ces propriétés et pour chacune des deux provenances, nous avons fait la moyenne des résultats correspondant à une même épaisseur des anneaux ligneux. Ces éléments, réunis dans les deux tableaux ci-après, ont permis de tracer, dans les limites indiquées, les courbes de variation des diverses caractéristiques en fonction de l'épaisseur des cernes.

Bastogne.

Épaisseur des cernes annuels mm	Proportion de bois d'été %	Densité	Dureté	Compression kg/cm²	Module de rupture kg/cm²
1,6	27,34	0,474	1,387	345,74	872
1,9	23,91	0,444	0,942	309,23	785
2,6	17,48	0,425	0,973	302,59	692
2,9	17,94	0,435	0,768	316,47	719
3,2	16,32	0,452	0,839	319,73	802
3,3	15,21	0,385	0,577	253,22	567
3,4	19,24	0,442	1,652	322,35	734
4,2	14,39	0,431	0,851	265,10	592
4,4	11,12	0,397	0,636	246,84	584
4,9	9,95	0,400	0,885	228,92	573
Moy. : 3,2	17,29	0,428	0,951	291,92	692

(1) J. Fouarge et E. Sacré, Analyse physique, mécanique et anatomique de bois de Pin sylvestre, *Pinus sylvestris* L. *Bull. de l'Inst. agr. et des Stat. de Rech. de Gembloux, Belg.*, T. XII, n^os 1 à 4, pp. 14-41, Gembloux (1943).

Saint-Hubert.

Épaisseur des cernes annuels mm	Proportion de bois d'été %	Densité	Dureté	Compression kg/cm²	Module de rupture kg/cm²
1,3	26,91	0,532	1,395	477,41	1.133
1,4	23,89	0,462	1,090	383,31	937
1,7	23,09	0,488	0,908	403,79	1.059
2,5	16,40	0,480	1,200	397,58	946
2,9	16,25	0,435	1,057	348,98	850
3,7	14,12	0,423	1,008	361,04	852
3,8	11,48	0,421	1,017	324,61	734
4,0	11,67	0,430	0,626	339,28	774
4,9	11,28	0,410	0,702	305,45	734
5,0	8,73	0,444	0,910	332,82	791
Moy. : 3,1	16,38	0,452	0,991	367,43	881

De l'examen de ces courbes, il résulte que la proportion de bois d'été, la densité, la dureté, la résistance à la compression et celle à la flexion sont étroitement liées à l'épaisseur des accroissements ; toutes ces propriétés varient dans le même sens pour les deux origines ; elles décroissent régulièrement et pour ainsi dire parallèlement avec l'augmentation de la largeur des cernes, exception faite de la proportion de bois d'été qui est davantage influencée.

Il est normal de constater une relation entre proportion de bois d'été et densité, comme le montre à suffisance la structure anatomique du bois (fig. 8). Au surplus, il a toujours été admis, pour la plupart des résineux, que l'épaisseur du bois d'été est sensiblement constante et assez indépendante de la dimension de l'accroissement ; sa proportion varie donc en raison inverse de la largeur des cernes : plus ceux-ci sont minces, mieux il est représenté et, comme les courbes nous l'indiquent, meilleures sont les autres qualités.

On constate cependant que les échantillons de Bastogne, qui accusent, par rapport à ceux de Saint-Hubert, la plus forte proportion de bois d'été, sont moins denses, moins durs, d'une tenue moins bonne à la compression et à la flexion. Ce phénomène, déjà observé pour le pin laricio de Corse et pour le pin sylvestre, s'explique par la qualité même de ce bois, dont les trachéides peuvent avoir une membrane plus ou moins épaisse et lignifiée (fig. 9 et 10). Ajoutons encore que ces éléments peuvent affecter eux-mêmes des formes, des dispositions et des longueurs différentes et influencer dans l'un ou l'autre sens les propriétés physiques et mécaniques.

Il est remarquable de constater, pour les deux origines et pour une épaisseur des cernes de plus en plus faible, un rapprochement des courbes relatives à la dureté, à la densité, à la résistance à la compression et à la flexion. Celles-ci finissent même par se rencontrer pour une épaisseur de 1,6 mm en ce qui concerne la dureté. Quant aux courbes se rapportant à la proportion de bois d'été, elles convergent pour une largeur d'accroissement de plus en plus grande et la rencontre a lieu aux environs de 5 mm.

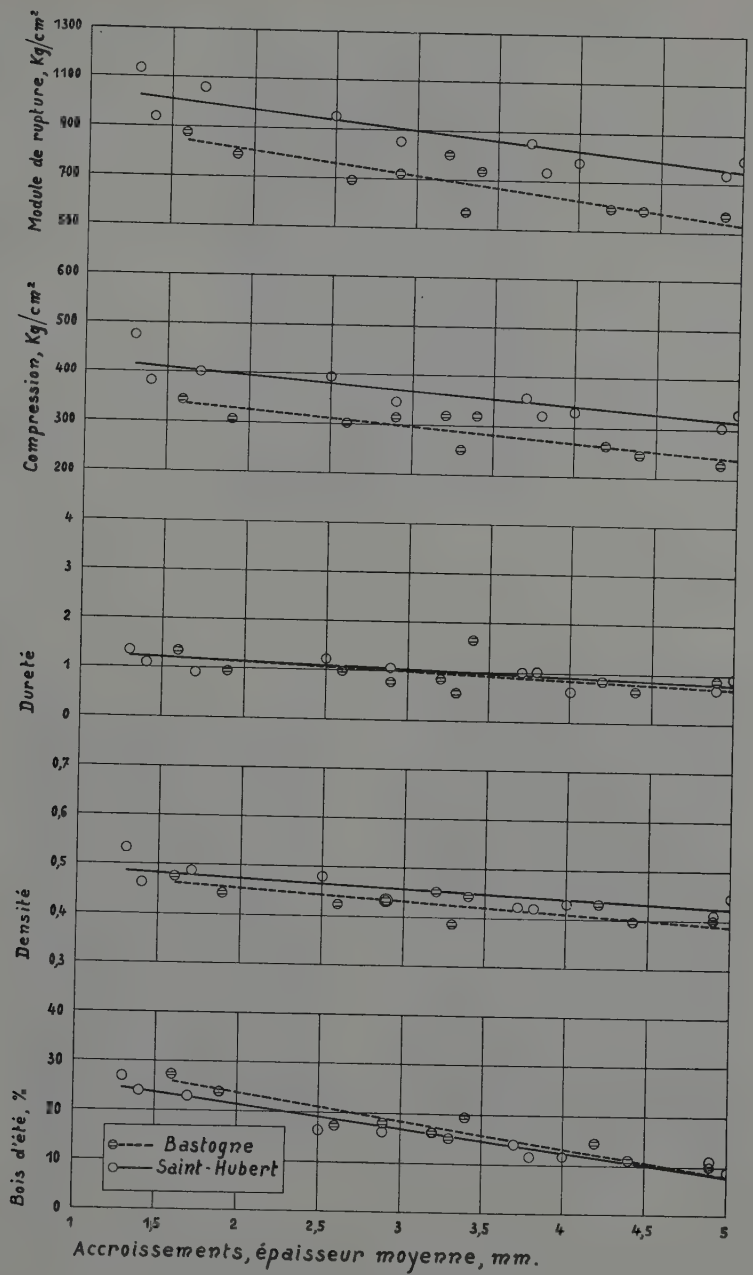


FIG. 7. — Variation des principales caractéristiques en fonction de l'épaisseur des cernes annuels.

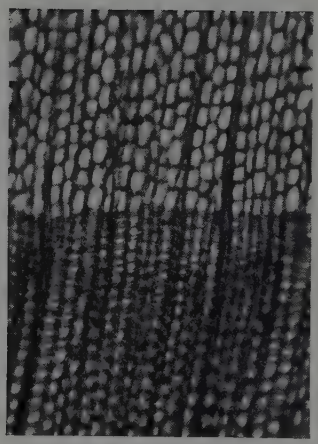


FIG. 8. — Coupe transversale. Gros. 100 x.
Bois de printemps à tissu lâche
et bois d'été à tissu serré.

FIG. 9. — Coupe transversale. Gros. 300 x.
Trachéides d'été à paroi mince,
à l'extrême bord d'un cerne.
Origine : Bois communal de Bastogne.

FIG. 10. — Coupe transversale. Gros. 300 x.
Trachéides d'été à paroi plus épaisse
que ci-contre, à l'extrême bord d'un cerne.
Origine : Bois communal de Saint-Hubert.

Photos J. FOUARGE.

Toujours est-il que, jusqu'à une épaisseur des anneaux ligneux de 1,4 mm pour Saint-Hubert et de 1,6 mm pour Bastogne, les courbes sont régulièrement ascendantes. On ne peut prévoir ici non plus à partir de quelle épaisseur minimum une inflexion se produirait, situant avec exactitude l'épaisseur optimale des accroissements compte tenu de la qualité du bois et du rendement en matière.

7° Conclusions.

Celles-ci ne concernent que les échantillons soumis aux épreuves de laboratoire. Elles sont sujettes à modifications suivant l'âge du matériel examiné et le nombre plus grand des essais.

1) Il existe, côte à côte, dans les peuplements de la Cedrogne et de Saint-Hubert, des épicéas de la catégorie bois de mine et de la catégorie sciage dont les propriétés sont manifestement différentes. Les dissemblances sont particulièrement sensibles à l'intérieur des parcelles 127 et 130^{a} de la Cedrogne, qui appartiennent au type de pessière à humus brut ; elles s'atténuent dans la pessière à humus brut, variante relativement sèche de Saint-Hubert et dans la parcelle 130^{f} de la Cedrogne qui relève de la pessière à humus brut, variante plus fraîche ; elles deviennent quasi insignifiantes dans la parcelle 110 de la Cedrogne, pessière à humus doux.

2) Les bois de mine et de sciage de la pessière tourbeuse de Bastogne se sont révélés de qualité à peu près semblable.

3) Dans un même tronçon, abstraction faite de la largeur des cernes annuels, le bois du centre est inférieur à celui qui l'entoure. Il y a lieu de noter cependant que le retrait total et le coefficient de rétractibilité volumétrique sont généralement moins élevés chez le premier ; au surplus ses résistances, de même que ses cotes de qualité, à la traction et au fendage, sont souvent un peu plus fortes.

4) Dans un même tronçon, la tenue moyenne à l'humidité est toujours meilleure en compression qu'en flexion.

5) L'analyse des échantillons de la catégorie bois de mine a permis, d'après leur origine et sans qu'il soit tenu compte de l'âge des massifs dont ils proviennent, de qualifier de supérieurs à la moyenne, ceux des parcelles 127 et 130^{a} de la Cedrogne (pessière âgée à humus brut) ; de moyens, ceux de Saint-Hubert (pessière d'âge moyen à humus brut, variante relativement sèche) et ceux de la parcelle 130^{f} de la Cedrogne (pessière âgée à humus brut, variante plus fraîche) ; d'inférieurs, ceux de la parcelle 110 de la Cedrogne (pessière d'âge moyen à humus doux) et ceux de Bastogne (pessière tourbeuse d'âge moyen).

6) L'analyse des tronçons de la catégorie sciage a permis d'établir la classification ci-dessous, par ordre décroissant, pour l'utilisation en charpente et les emplois mobiles, l'âge des arbres n'ayant pas été pris en considération :

a) Se sont révélés de valeur moyenne, les échantillons des parcelles 127, 130^{f} et 130^{a} de la Cedrogne et ceux du peuplement de Saint-Hubert.

b) Ne méritent que la cote inférieure, ceux de la parcelle 110 de la Cedrogne et ceux du peuplement de Bastogne.

L'utilisation en menuiserie étant prise comme base d'appréciation, la différenciation suivant les diverses origines a été plus délicate encore parce que, en général, les différents produits répondent tous plus ou moins à cet emploi, les meilleurs à cet égard paraissant être cependant ceux des parcelles 110 et 130^f de la Cedrogne, ainsi que ceux des peuplements de Bastogne et de Saint-Hubert.

7) Si l'on néglige leur utilisation à des fins spéciales et si l'on ne retient que leur valeur intrinsèque totale, on peut conclure que les épicéas les meilleurs ont été produits sur humus brut (parcelles 127 et 130^a de la Cedrogne), qu'ils ont témoigné de qualités légèrement inférieures sur les variantes soit plus fraîche (parcelle 130^f de la Cedrogne), soit plus sèche (peuplement de Saint-Hubert) du même type, qu'ils se sont enfin révélés médiocres sur humus doux (parcelle 110 de la Cédrogne) et davantage encore sur sol tourbeux (peuplement de Bastogne).

8) Il n'est guère commode de vouloir fixer, par un chiffre, l'épaisseur optimale des accroissements en fonction de la qualité du bois, étant donné que les diverses courbes établies sur cette base sont encore régulièrement ascendantes pour les largeurs les plus faibles observées. Mais comme il est normal, en pareil cas, de tenir compte aussi de la production en matière, le forestier tentera de concilier les deux exigences en orientant ses interventions vers le développement de couches ligneuses régulières, de grandeur comprise entre 1,2 et 1,5 mm. Ces interventions : écartement des plantations, dégagements, éclaircies, judicieusement appliquées, ont d'ailleurs l'heureuse fortune de réaliser d'autres objectifs non moins importants, à savoir la perfection de la forme et la propreté du fût.

* * *

En marge de notre étude, P. Roosen, assistant au Laboratoire forestier, s'est inquiété du comportement du bois suivant son origine vis-à-vis des agents de la pourriture. A cet effet, il a soumis à des tests de durabilité naturelle, des prélèvements de la plupart des échantillons récoltés à la Cedrogne, qu'il a mis, d'après une méthode couramment acceptée (1), en présence d'un certain nombre de champignons classiquement utilisés en cette matière, le *Coniophora cerebella*, le *Polystictus versicolor* et le *Polyporus vaporarius*.

Ces essais lui ont permis de conclure, comme on devait s'y attendre, à la faible ou à la non-durabilité du bois d'épicéa en général, celui provenant des pessières à humus brut paraissant se situer à l'échelle supérieure de cette classification.

(1) Voir P. Roosen. Les tests d'appréciation de la durabilité naturelle ou artificielle du bois. *Bull. de la Soc. Royale for. de Belgique*, n° 10, 1951, pp. 401-407.

Physical, mechanical and anatomical analysis of spruce wood, *Picea abies* KARST (*P. excelsa* LINK) from various localities in Upper Ardenne

by J. FOUARGE and E. SACRE.

Summary.

The tests were carried out with logs of the mine timber and sawn timber catégories obtained from two forest districts in Upper Ardenne, namely, the forest of Cedrogne, on the Plateau des Tailles (compartments 110, 127, 130^{a} and 130^{f}), and the communal forests of Bastogne and Saint-Hubert, on the Plateau of Saint-Hubert.

The specimens of wood used were issued from types of spruce stands now named : *mor* layer spruce stand, with moist and dry forms, *mull* layer spruce stand, and peaty spruce stand.

The main object of the tests was to compare the anatomical, physical and mechanical properties of the woods, in relation to their localities (tables I to XLVIII).

The tests led to the following conclusions :

1) In the mine timber category the quality of the wood is above medium in the specimens obtained from the typical *mor* layer spruce stand (compartments 127 and 130^{a}), medium in the specimens obtained from de *mor* layer spruce stand with moist form (compartment 130^{f}) or dry form (Saint-Hubert), poor in the specimens from the *mull* layer stand (compartment 110) and the peaty stand (Bastogne).

2) In the sawn timber category, used for framework, case-making and casing, the quality of the wood is generally medium in the specimens obtained from the *mor* layer spruce stand (compartments 127, 130^{f}, 130^{a} and Saint-Hubert stand), poor in the specimens obtained from the *mull* layer spruce stand (compartment 110) and the peaty stand (Bastogne).

To a certain extend, all the woods are suitable for common joinery, and more especially those obtained from the *mor* layer spruce stand with moist or dry form, the *mull* layer stand and the peaty stand.

BIBLIOGRAPHIE

MONNIN, GUINIER et BREUIL. — Essais physiques, statiques et dynamiques des bois. *Bulletin de la Section technique de l'Aéronautique militaire française*. 1919, fasc. 29 et 30.

MONNIN, M. — Méthode française des essais de bois. *Rapport au Congrès de Sylviculture*. Paris, 1931.

MONNIN, M. — Normalisation internatinale des essais de bois. *Rapport au Congrès de Sylviculture*. Paris, 1931.

RABOZÉE, H. — Cours de connaissance des matériaux. Tome I. Les métaux et les bois. Bruxelles, 1924.

COLLARDET, J. — Nos bois coloniaux. — Étude physique et mécanique des bois coloniaux. Paris, 1931.

DRAMBA, D. S. — Étude physique et mécanique du bois roumain. Nancy, 1932.

JALAVA, M. — Strengh properties of Finnish Pine, Spruce, Birch and Aspen. *Publications de l'Institut de Recherches forestières de la Finlande*. T. 33. Helsinki, 1945.

KALNINS, A. et LIEPINS, R. — Technical properties of Latvian coniferous timber with relation to conditions of growth. *Publications de la Station de Recherches forestières de la Lettonie*. Riga, 1938.

STREKALOWSKI, N. I. — The technical properties of northern Spruce wood. *Sborn. nauchnoissledov. Rabot Arkhangel. lesotekh. Inst.* N° 8, 1946, pp. 17-36. [Russe]. — Résumé dans Forestry Abstracts, 1947-48, [923].

CAMPREDON, J. — Étude des propriétés physiques et mécaniques de quelques bois exotiques. *Annales de l'École nationale des Eaux et Forêts et de la Station de Recherches et Expériences forestières*. T. V, fasc. 2. Nancy, 1934.

BURGER, H. — Holz, Blattmenge und Zuwachs — Die Douglasie. *Annales de l'Institut fédéral de Recherches forestières*. T. XIX, fasc. I. Zurich, 1935.

TABLEAU I. — CEDROGNE, PARCELLE 110, CATÉGORIE BOIS DE MINE.

TRONÇON N° 1.

Propriétés	Valeurs chiffrées			Interprétations
	Centre	Extérieur	Moyenne	
A. — Anatomiques				
ÉPAISSEUR DES CERNES ANNUELS ..	5,5 mm	2,7 mm	3,5 mm	Forte
PROPORTION DE BOIS D'ÉTÉ	8,17 %	18,55 %	15,59 %	Faible
B. — Physiques				
DURETÉ N, à 15% d'humidité	0,509	0,613	0,583	Bois très tendre
DENSITÉ D, à 15% d'humidité	0,387	0,396	0,393	Bois très léger
HYGROSCOPICITÉ A L'AIR *d*, ou correction de la densité pour une variation de 1% d'humidité	0,0025	0,0022	0,0023	Normale
POINT DE SATURATION A L'AIR S ..	35,27 %	34,58 %	34,77 %	Normal
RETRAIT TOTAL B	12,24 %	15,01 %	14,22 %	Moyen
COEFFICIENTS DE RÉTRACTIBILITÉ .				
axiale a	0,016 %	0,017 %	0,017 %	
radiale r	0,091 %	0,130 %	0,119 %	
tangentielle t	0,240 %	0,287 %	0,273 %	
volumétrique v	0,347 %	0,434 %	0,409 %	Bois moyennement nerveux
C. — Mécaniques à 15% d'humidité				
COTE DE DURETÉ $\frac{N}{D^2}$	3,40	3,91	3,77	Faible
RÉSISTANCE PAR CM² A LA COMPRESSION C	281,34 kg	323,89 kg	311,73 kg	Inférieure
TENUE A L'HUMIDITÉ *c*	3,89 %	4,00 %	3,97 %	Normale
COTE STATIQUE $\frac{C}{100\ D}$	7,27	8,18	7,93	Inférieure
COTE SPÉCIFIQUE $\frac{C}{100\ D^2}$	18,78	20,65	20,18	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA FLEXION F	682 kg	776 kg	749 kg	Inférieure
TENUE A L'HUMIDITÉ c^1	3,67 %	3,82 %	3,78 %	Médiocre
COTE DE FLEXION $\frac{F}{100\ D}$	17,62	19,60	19,06	Moyenne
COTE DE TÉNACITÉ $\frac{F}{C}$	2,42	2,39	2,40	Bois moyennement tenace
COTE DE RAIDEUR $\frac{L}{f}$	33,75	31,21	31,91	Bois moyen
COEFFICIENT DE RÉSILIENCE k ...	0,18	0,18	0,18	Bois fragile
COTE DYNAMIQUE $\frac{k}{D^2}$	1,18	1,15	1,16	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA TRACTION	16,45 kg	16,43 kg	16,44 kg	Bois moyennement adhérent
COTE D'ADHÉRENCE $\frac{Trac.}{100\ D}$	0,42	0,41	0,42	
RÉSISTANCE PAR CM AU FENDAGE .	9,65 kg	8,55 kg	8,86 kg	Bois moyennement fissile à fissile
COTE DE FENDAGE $\frac{Fend.}{100\ D}$	0,25	0,21	0,22	

TABLEAU II. — CEDROGNE, PARCELLE 110, CATÉGORIE BOIS DE MINE.

TRONÇON N° 2.

Propriétés	Valeurs chiffrées			Interprétations
	Centre	Extérieur	Moyenne	
A. — Anatomiques				
ÉPAISSEUR DES CERNES ANNUELS ..	6,0 mm	2,5 mm	3,2 mm	Forte
PROPORTION DE BOIS D'ÉTÉ	28,94 %	32,63 %	31,89 %	Forte
B. — Physiques				
DURETÉ N, à 15% d'humidité	0,902	1,061	1,026	Bois tendre à très tendre
DENSITÉ D, à 15% d'humidité	0,430	0,444	0,440	Bois léger
HYGROSCOPICITÉ A L'AIR *d*, ou correction de la densité pour une variation de 1% d'humidité	0,0021	0,0022	0,0022	Faible
POINT DE SATURATION A L'AIR S ..	26,41 %	27,52 %	27,25 %	Normal
RETRAIT TOTAL B	13,31 %	13,87 %	13,76 %	Moyen
COEFFICIENTS DE RÉTRACTIBILITÉ .				
axiale a	0,037 %	0,043 %	0,042 %	
radiale r	0,153 %	0,144 %	0,146 %	
tangentielle t	0,314 %	0,317 %	0,317 %	
volumétrique v	0,504 %	0,504 %	0,505 %	Bois moyennement nerveux
C. — Mécaniques à 15% d'humidité				
COTE DE DURETÉ $\frac{N}{D^2}$	4,88	5,38	5,30	Faible
RÉSISTANCE PAR CM² A LA COMPRESSION C	314,00 kg	364,75 kg	353,47 kg	Moyenne à inférieure
TENUE A L'HUMIDITÉ *c*	4,05 %	4,27 %	4,23 %	Normale
COTE STATIQUE $\frac{C}{100\ D}$	7,30	8,21	8,03	Moyenne
COTE SPÉCIFIQUE $\frac{C}{100\ D^2}$	16,98	18,50	18,26	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA FLEXION F	742 kg	831 kg	815 kg	Inférieure
TENUE A L'HUMILITÉ c^1	4,02 %	3,79 %	3,83 %	Médiocre
COTE DE FLEXION $\frac{F}{100\ D}$	17,25	18,72	18,52	Moyenne
COTE DE TÉNACITÉ $\frac{F}{C}$	2,36	2,28	2,30	Bois moyennement tenace
COTE DE RAIDEUR $\frac{L}{f}$	24,39	34,78	31,79	Bois moyen
COEFFICIENT DE RÉSILIENCE k ...	0,11	0,21	0,19	Bois fragile
COTE DYNAMIQUE $\frac{k}{D^2}$	0,58	1,05	1,00	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA TRACTION	16,23 kg	15,64 kg	15,77 kg	Bois moyennement adhérent
COTE D'ADHÉRENCE $\frac{Trac.}{100\ D}$	0,38	0,35	0,36	
RÉSISTANCE PAR CM AU FENDAGE .	9,05 kg	7,91 kg	8,16 kg	Bois très fissile
COTE DE FENDAGE $\frac{Fend.}{100\ D}$	0,21	0,18	0,18	

TABLEAU III. — CEDROGNE, PARCELLE 110, CATÉGORIE BOIS DE MINE.

TRONÇON N° 3.

Propriétés	Valeurs chiffrées			Interprétations
	Centre	Extérieur	Moyenne	
A. — Anatomiques				
ÉPAISSEUR DES CERNES ANNUELS ..	6,3 mm	2,0 mm	3,5 mm	Forte
PROPORTION DE BOIS D'ÉTÉ	17,85 %	40,68 %	32,74 %	Forte
B. — Physiques				
DURETÉ N, à 15% d'humidité	0,629	0,877	0,794	Bois très tendre
DENSITÉ D, à 15% d'humidité	0,377	0,428	0,411	Bois léger
HYGROSCOPICITÉ A L'AIR *d*, ou correction de la densité pour une variation de 1% d'humidité ...,	0,0022	0,0023	0,0023	Normale
POINT DE SATURATION A L'AIR S ..	34,15 %	33,40 %	33,57 %	Normal
RETRAIT TOTAL B	14,07 %	15,43 %	14,94 %	Moyen à fort
COEFFICIENTS DE RÉTRACTIBILITÉ .				
axiale a	0,025 %	0,049 %	0,041 %	
radiale r	0,111 %	0,121 %	0,117 %	
tangentielle t	0,276 %	0,292 %	0,287 %	
volumétrique v	0,412 %	0,462 %	0,445 %	Bois moyennement nerveux
C. — Mécaniques à 15% d'humidité				
COTE DE DURETÉ $\frac{N}{D^2}$	4,42	4,79	4,70	Faible
RÉSISTANCE PAR CM² A LA COMPRESSION C	269,79 kg	334,18 kg	312,72 kg	Inférieure
TENUE A L'HUMIDITÉ *c*	4,38 %	3,84 %	4,00 %	Normale
COTE STATIQUE $\frac{C}{100\ D}$	7,16	7,81	7,61	Inférieure
COTE SPÉCIFIQUE $\frac{C}{100\ D^2}$	18,98	18,24	18,51	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA FLEXION F	625 kg	818 kg	754 kg	Inférieure
TENUE A L'HUMIDITÉ c^1	4,37 %	3,76 %	3,93 %	Médiocre
COTE DE FLEXION $\frac{F}{100\ D}$	16,58	19,11	18,34	Moyenne
COTE DE TÉNACITÉ $\frac{F}{C}$	2,32	2,45	2,41	Bois moyennement tenace
COTE DE RAIDEUR $\frac{L}{f}$	30,07	32,04	31,38	Bois moyen
COEFFICIENT DE RÉSILIENCE k	0,13	0,22	0,18	Bois fragile
COTE DYNAMIQUE $\frac{k}{D^2}$	0,91	1,25	1,10	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA TRACTION	16,57 kg	14,89 kg	15,45 kg	Bois moyennement adhérent
COTE D'ADHÉRENCE $\frac{Trac.}{100\ D}$	0,44	0,35	0,38	
RÉSISTANCE PAR CM AU FENDAGE .	9,05 kg	7,12 kg	7,76 kg	Bois très fissile
COTE DE FENDAGE $\frac{Fend.}{100\ D}$	0,24	0,17	0,19	

TABLEAU IV. — CEDROGNE, PARCELLE 110, CATÉGORIE BOIS DE MINE.

MOYENNE POUR LES TRONÇONS N^os 1, 2, 3.

Propriétés	Valeurs chiffrées	Interprétations
A. — Anatomiques		
ÉPAISSEUR DES CERNES ANNUELS ..	3,4 mm	Forte
PROPORTION DE BOIS D'ÉTÉ	26,74 %	Moyenne
B. — Physiques		
DURETÉ N, à 15% d'humidité	0,801	Bois très tendre
DENSITÉ D, à 15% d'humidité	0,415	Bois léger
HYGROSCOPICITÉ A L'AIR *d*, ou correction de la densité pour une variation de 1% d'humidité	0,0023	Normale
POINT DE SATURATION A L'AIR S ..	31,86 %	Normal
RETRAIT TOTAL B	14,31 %	Moyen
COEFFICIENTS DE RÉTRACTIBILITÉ .		
axiale a	0,034 %	
radiale r	0,127 %	
tangentielle t	0,292 %	
volumétrique v	0,453 %	Bois moyennement nerveux
C. — Mécaniques à 15% d'humidité		
COTE DE DURETÉ $\frac{N}{D^2}$	4,59	Faible
RÉSISTANCE PAR CM² A LA COMPRESSION C	325,97 kg	Inférieure
TENUE A L'HUMIDITÉ *c*	4,07 %	Normale
COTE STATIQUE $\frac{C}{100\ D}$	7,86	Inférieure
COTE SPÉCIFIQUE $\frac{C}{100\ D^2}$	18,98	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA FLEXION F	773 kg	Inférieure
TENUE A L'HUMIDITÉ c^1	3,85 %	Médiocre
COTE DE FLEXION $\frac{F}{100\ D}$	18,64	Moyenne
COTE DE TÉNACITÉ $\frac{F}{C}$	2,37	Bois moyennement tenace
COTE DE RAIDEUR $\frac{L}{f}$	31,69	Bois moyen
COEFFICIENT DE RÉSILIENCE k ...	0,19	Bois fragile
COTE DYNAMIQUE $\frac{k}{D^2}$	1,09	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA TRACTION	15,89 kg	Bois moyennement adhérent
COTE D'ADHÉRENCE $\frac{Trac.}{100\ D}$	0,39	
RÉSISTANCE PAR CM AU FENDAGE .	8,26 kg	Bois fissile
COTE DE FENDAGE $\frac{Fend.}{100\ D}$	0,20	

TABLEAU V. — CEDROGNE, PARCELLE 110, CATÉGORIE BOIS DE SCIAGE.

TRONÇON N° 1.

Propriétés	Valeurs chiffrées			Interprétations
	Centre	Extérieur	Moyenne	
A. — Anatomiques				
ÉPAISSEUR DES CERNES ANNUELS ..	6,2 mm	4,8 mm	3,8 mm	Forte
PROPORTION DE BOIS D'ÉTÉ	11,60 %	17,12 %	16,02 %	Faible
B. — Physiques				
DURETÉ N, à 15% d'humidité	0,612	0,654	0,646	Bois très tendre
DENSITÉ D, à 15% d'humidité	0,394	0,396	0,396	Bois très léger à léger
HYGROSCOPICITÉ A L'AIR *d*, ou correction de la densité pour une variation de 1% d'humidité	0,0028	0,0021	0,0022	Faible
POINT DE SATURATION A L'AIR S ..	32,90 %	29,37 %	29,84 %	Normal
RETRAIT TOTAL B	9,87 %	13,98 %	13,16 %	Moyen
COEFFICIENTS DE RÉTRACTIBILITÉ .				
axiale a	0,012 %	0,013 %	0,013 %	
radiale r	0,082 %	0,152 %	0,138 %	
tangentielle t	0,206 %	0,311 %	0,290 %	
volumétrique v	0,300 %	0,476 %	0,441 %	Bois moyennement nerveux
C. — Mécaniques à 15% d'humidité				
COTE DE DURETÉ $\frac{N}{D^2}$	3,94	4,17	4,12	Normale
RÉSISTANCE PAR CM² A LA COMPRESSION C	273,04 kg	300,13 kg	294,71 kg	Inférieure
TENUE A L'HUMIDITÉ *c*	3,57 %	3,73 %	3,70 %	Normale
COTE STATIQUE $\frac{C}{100\ D}$	6,93	7,58	7,44	Inférieure
COTE SPÉCIFIQUE $\frac{C}{100\ D^2}$	17,59	19,14	18,79	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA FLEXION F	663 kg	730 kg	717 kg	Inférieure
TENUE A L'HUMILITÉ c^1	3,77 %	2,39 %	2,67 %	Moyenne à médiocre
COTE DE FLEXION $\frac{F}{100\ D}$	16,83	18,43	18,11	Moyenne
COTE DE TÉNACITÉ $\frac{F}{C}$	2,43	2,43	2,43	Bois moyennement tenace
COTE DE RAIDEUR $\frac{L}{f}$	27,91	33,99	32,56	Bois moyen
COEFFICIENT DE RÉSILIENCE k ...	0,13	0,18	0,17	Bois fragile
COTE DYNAMIQUE $\frac{k}{D^2}$	0,85	1,17	1,11	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA TRACTION	17,31 kg	13,86 kg	14,57 kg	Bois moyennement à peu adhérent
COTE D'ADHÉRENCE $\frac{Trac.}{100\ D}$	0,44	0,35	0,37	
RÉSISTANCE PAR CM AU FENDAGE .	9,23 kg	7,35 kg	7,73 kg	Bois très fissile
COTE DE FENDAGE $\frac{Fend.}{100\ D}$	0,23	0,19	0,19	

TABLEAU VI. — CEDROGNE, PARCELLE 110, CATÉGORIE BOIS DE SCIAGE.

TRONÇON N° 2.

Propriétés	Valeurs chiffrées			Interprétations
	Centre	Extérieur	Moyenne	
A. — Anatomiques				
ÉPAISSEUR DES CERNES ANNUELS ..	7,6 mm	3,3 mm	4,6 mm	Forte
PROPORTION DE BOIS D'ÉTÉ	8,57 %	15,50 %	13,37 %	Faible
B. — Physiques				
DURETÉ N, à 15% d'humidité	0,688	0,646	0,659	Bois très tendre
DENSITÉ D, à 15% d'humidité	0,394	0,378	0,383	Bois très léger
HYGROSCOPICITÉ A L'AIR *d*, ou correction de la densité pour une variation de 1% d'humidité	0,0025	0,0022	0,0023	Normale
POINT DE SATURATION A L'AIR S ..	31,25 %	32,58 %	32,28 %	Normal
RETRAIT TOTAL B	11,50 %	13,26 %	12,72 %	Moyen
COEFFICIENTS DE RÉTRACTIBILITÉ .				
axiale a	0,025 %	0,017 %	0,019 %	
radiale r	0,107 %	0,113 %	0,111 %	
tangentielle t	0,236 %	0,277 %	0,264 %	
volumétrique v	0,368 %	0,407 %	0,394 %	Bois moyennement nerveux
C. — Mécaniques à 15% d'humidité				
COTE DE DURETÉ $\frac{N}{D^2}$	4,43	4,52	4,49	Normale
RÉSISTANCE PAR CM² A LA COMPRESSION C	285,78 kg	303,21 kg	297,85 kg	Inférieure
TENUE A L'HUMIDITÉ *c*	4,91 %	4,42 %	4,57 %	Moyenne à médiocre
COTE STATIQUE $\frac{C}{100\ D}$	7,25	8,02	7,78	Inférieure
COTE SPÉCIFIQUE $\frac{C}{100\ D^2}$	18,41	21,22	20,30	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA FLEXION F	684 kg	765 kg	739 kg	Inférieure
TENUE A L'HUMIDITÉ c^1	4,22 %	4,06 %	4,11 %	Mauvaise
COTE DE FLEXION $\frac{F}{100\ D}$	17,36	20,24	19,26	Moyenne à forte
COTE DE TÉNACITÉ $\frac{F}{C}$	2,39	2,52	2,48	Bois moyennement tenace
COTE DE RAIDEUR $\frac{L}{f}$	25,00	27,49	26,64	Bois élastique
COEFFICIENT DE RÉSILIENCE k ...	0,21	0,19	0,19	Bois moyennement résilient
COTE DYNAMIQUE $\frac{k}{D^2}$	1,32	1,32	1,32	Élevée
RÉSISTANCE PAR CM² A LA TRACTION	18,32 kg	15,89 kg	16,64 kg	Bois moyennement adhérent
COTE D'ADHÉRENCE $\frac{\text{Trac.}}{100\ D}$	0,47	0,42	0,43	
RÉSISTANCE PAR CM AU FENDAGE .	11,74 kg	9,77 kg	10,38 kg	Bois moyennement fissile à fissile
COTE DE FENDAGE $\frac{\text{Fend.}}{100\ D}$	0,30	0,26	0,27	

TABLEAU VII. — CEDROGNE, PARCELLE 110, CATÉGORIE BOIS DE SCIAGE.

TRONÇON N° 3.

Propriétés	Valeurs chiffrées			Interprétations
	Centre	Extérieur	Moyenne	
A. — Anatomiques				
ÉPAISSEUR DES CERNES ANNUELS	7,5 mm	3,4 mm	4,2 mm	Forte
PROPORTION DE BOIS D'ÉTÉ	8,79 %	15,85 %	14,44 %	Faible
B. — Physiques				
DURETÉ N, à 15% d'humidité	0,764	0,811	0,802	Bois très tendre
DENSITÉ D, à 15% d'humidité	0,378	0,411	0,404	Bois léger à très léger
HYGROSCOPICITÉ A L'AIR *d*, ou correction de la densité pour une variation de 1% d'humidité	0,0023	0,0019	0,0020	Faible
POINT DE SATURATION A L'AIR S	32,14 %	29,46 %	29,84 %	Normal
RETRAIT TOTAL B	12,60 %	15,76 %	15,13 %	Moyen à fort
COEFFICIENTS DE RÉTRACTIBILITÉ :				
axiale a	0,014 %	0,021 %	0,020 %	
radiale r	0,096 %	0,161 %	0,148 %	
tangentielle t	0,282 %	0,353 %	0,339 %	
volumétrique v	0,392 %	0,535 %	0,507 %	Bois moyennement nerveux
C. — Mécaniques à 15% d'humidité				
COTE DE DURETÉ $\frac{N}{D^2}$	5,35	4,80	4,91	Moyenne à faible
RÉSISTANCE PAR CM² A LA COMPRESSION C	289,15 kg	343,27 kg	332,45 kg	Inférieure
TENUE A L'HUMIDITÉ *c*	4,47 %	4,57 %	4,55 %	Moyenne à médiocre
COTE STATIQUE $\frac{C}{100\ D}$	7,65	8,35	8,23	Moyenne
COTE SPÉCIFIQUE $\frac{C}{100\ D^2}$	20,24	20,32	20,30	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA FLEXION F	678 kg	800 kg	776 kg	Inférieure
TENUE A L'HUMIDITÉ c^1	3,99 %	3,67 %	3,73 %	Médiocre
COTE DE FLEXION $\frac{F}{100\ D}$	17,94	19,46	19,21	Moyenne à forte
COTE DE TÉNACITÉ $\frac{F}{C}$	2,34	2,33	2,33	Bois moyennement tenace
COTE DE RAIDEUR $\frac{L}{f}$	30,57	30,19	30,26	Bois moyen à élastique
COEFFICIENT DE RÉSILIENCE k	0,15	0,20	0,19	Bois fragile
COTE DYNAMIQUE $\frac{k}{D^2}$	1,03	1,18	1,16	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA TRACTION	17,52 kg	14,98 kg	15,44 kg	Bois moyennement adhérent
COTE D'ADHÉRENCE $\frac{\text{Trac.}}{100\ D}$	0,46	0,37	0,38	
RÉSISTANCE PAR CM AU FENDAGE	9,46 kg	8,62 kg	8,79 kg	Bois moyennement fissile à fissile
COTE DE FENDAGE $\frac{\text{Fend.}}{100\ D}$	0,25	0,21	0,22	

TABLEAU VIII. — CEDROGNE, PARCELLE 110, CATÉGORIE BOIS DE SCIAGE.

MOYENNE POUR LES TRONÇONS N^os 1, 2, 3.

Propriétés	Valeurs chiffrées	Interprétations
A. — Anatomiques		
ÉPAISSEUR DES CERNES ANNUELS ..	4,2 mm	Forte
PROPORTION DE BOIS D'ÉTÉ	14,61 %	Faible
B. — Physiques		
DURETÉ N, à 15% d'humidité	0,702	Bois très tendre
DENSITÉ D, à 15% d'humidité	0,394	Bois très léger à léger
HYGROSCOPICITÉ A L'AIR *d*, ou correction de la densité pour une variation de 1% d'humidité	0,0022	Faible
POINT DE SATURATION A L'AIR S ..	30,65 %	Normal
RETRAIT TOTAL B	13,67 %	Moyen
COEFFICIENTS DE RÉTRACTIBILITÉ .		
axiale a	0,017 %	
radiale r	0,132 %	
tangentielle t	0,298 %	
volumétrique v	0,447 %	Bois moyennement nerveux
C. — Mécaniques à 15% d'humidité		
COTE DE DURETÉ $\frac{N}{D^2}$	4,51	Normale
RÉSISTANCE PAR CM² A LA COMPRESSION C	308,34 kg	Inférieure
TENUE A L'HUMIDITÉ *c*	4,27 %	Normale
COTE STATIQUE $\frac{C}{100\ D}$	7,82	Inférieure
COTE SPÉCIFIQUE $\frac{C}{100\ D^2}$	19,80	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA FLEXION F	744 kg	Inférieure
TENUE A L'HUMIDITÉ c^1	3,50 %	Médiocre
COTE DE FLEXION $\frac{F}{100\ D}$	18,86	Moyenne
COTE DE TÉNACITÉ $\frac{F}{C}$	2,41	Bois moyennement tenace
COTE DE RAIDEUR $\frac{L}{f}$	29,82	Bois élastique à moyen
COEFFICIENT DE RÉSILIENCE k ...	0,19	Bois fragile
COTE DYNAMIQUE $\frac{k}{D^2}$	1,20	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA TRACTION	15,55 kg	Bois moyennement adhérent
COTE D'ADHÉRENCE $\frac{\text{Trac.}}{100\ D}$	0,39	
RÉSISTANCE PAR CM AU FENDAGE .	8,97 kg	Bois moyennement fissile
COTE DE FENDAGE $\frac{\text{Fend.}}{100\ D}$	0,23	

TABLEAU IX. — CEDROGNE, PARCELLE 127, CATÉGORIE BOIS DE MINE.

TRONÇON N° 1.

Propriétés	Valeurs chiffrées			Interprétations
	Centre	Extérieur	Moyenne	
A. — Anatomiques				
ÉPAISSEUR DES CERNES ANNUELS ..	2,6 mm	1,2 mm	1,5 mm	Faible
PROPORTION DE BOIS D'ÉTÉ	20,30 %	31,66 %	29,04 %	Moyenne à forte
B. — Physiques				
DURETÉ N, à 15% d'humidité	0,914	1,641	1,496	Bois tendre
DENSITÉ D, à 15% d'humidité	0,511	0,560	0,550	Bois mi-lourd
HYGROSCOPICITÉ A L'AIR *d*, ou correction de la densité pour une variation de 1% d'humidité	0,0019	0,0017	0,0018	Faible
POINT DE SATURATION A L'AIR S ..	27,78 %	30,84 %	30,07 %	Normal
RETRAIT TOTAL B	17,39 %	21,19 %	20,24 %	Fort
COEFFICIENTS DE RÉTRACTIBILITÉ .				
axiale a	0,082 %	0,060 %	0,065 %	
radiale r	0,203 %	0,212 %	0,210 %	
tangentielle t	0,341 %	0,415 %	0,398 %	
volumétrique v	0,626 %	0,687 %	0,673 %	Bois nerveux
C. — Mécaniques à 15% d'humidité				
COTE DE DURETÉ $\frac{N}{D^2}$	3,50	5,23	4,94	Faible
RÉSISTANCE PAR CM² A LA COMPRESSION C	407,33 kg	487,72 kg	471,64 kg	Supérieure
TENUE A L'HUMIDITÉ *c*	4,26 %	4,07 %	4,10 %	Normale
COTE STATIQUE $\frac{C}{100\ D}$	7,97	8,71	8,57	Moyenne
COTE SPÉCIFIQUE $\frac{C}{100\ D^2}$	15,60	15,55	15,59	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA FLEXION F	1.004 kg	1.238 kg	1.191 kg	Supérieure
TENUE A L'HUMIDITÉ c^1	4,79 %	3,98 %	4,12 %	Mauvaise
COTE DE FLEXION $\frac{F}{100\ D}$	19,65	22,11	21,65	Forte
COTE DE TÉNACITÉ $\frac{F}{C}$	2,46	2,54	2,52	Bois moyennement tenace
COTE DE RAIDEUR $\frac{L}{f}$	23,39	24,79	24,36	Bois élastique
COEFFICIENT DE RÉSILIENCE k ..	0,28	0,45	0,39	Bois résilient
COTE DYNAMIQUE $\frac{k}{D^2}$	1,07	1,43	1,30	Élevée
RÉSISTANCE PAR CM² A LA TRACTION	15,25 kg	14,07 kg	14,31 kg	
COTE D'ADHÉRENCE $\frac{Trac.}{100\ D}$	0,30	0,25	0,26	Bois peu adhérent
RÉSISTANCE PAR CM AU FENDAGE .	9,95 kg	7,47 kg	7,97 kg	
COTE DE FENDAGE $\frac{Fend.}{100\ D}$	0,19	0,13	0,14	Bois très fissile

TABLEAU X. — CEDROGNE, PARCELLE 127, CATÉGORIE BOIS DE MINE.

TRONÇON N° 2.

Propriétés	Valeurs chiffrées			Interprétations
	Centre	Extérieur	Moyenne	
A. — Anatomiques				
ÉPAISSEUR DES CERNES ANNUELS ..	1,9 mm	1,3 mm	1,4 mm	Faible
PROPORTION DE BOIS D'ÉTÉ	38,38 %	36,88 %	37,27 %	Forte
B. — Physiques				
DURETÉ N, à 15% d'humidité	1,636	1,618	1,622	Bois tendre
DENSITÉ D, à 15% d'humidité	0,574	0,569	0,570	Bois mi-lourd
HYGROSCOPICITÉ A L'AIR *d*, ou correction de la densité pour une variation de 1% d'humidité	0,0028	0,0021	0,0023	Normale
POINT DE SATURATION A L'AIR S ..	28,43 %	29,21 %	29,13 %	Normal
RETRAIT TOTAL B	14,53 %	18,20 %	17,42 %	Fort
COEFFICIENTS DE RÉTRACTIBILITÉ .				
axiale a	0,031 %	0,031 %	0,031 %	
radiale r	0,157 %	0,215 %	0,202 %	
tangentielle t	0,323 %	0,377 %	0,365 %	
volumétrique v	0,511 %	0,623 %	0,598 %	Bois nerveux
C. — Mécaniques à 15% d'humidité				
COTE DE DURETÉ $\frac{N}{D^2}$	4,96	5,00	4,99	Faible
RÉSISTANCE PAR CM² A LA COMPRESSION C	377,87 kg	460,27 kg	441,96 kg	Moyenne à supérieure
TENUE A L'HUMIDITÉ *c*	4,70 %	4,63 %	4,65 %	Moyenne à médiocre
COTE STATIQUE $\frac{C}{100\ D}$	6,58	8,09	7,75	Moyenne à inférieure
COTE SPÉCIFIQUE $\frac{C}{100\ D^2}$	11,47	14,22	13,60.	Moyenne à inférieure
RÉSISTANCE PAR CM² A LA FLEXION F	1.036 kg	1.225 kg	1.180 kg	Supérieure
TENUE A L'HUMIDITÉ c^1	4,82 %	5,02 %	4,98 %	Mauvaise
COTE DE FLEXION $\frac{F}{100\ D}$	18,05	21,53	20,70	Forte
COTE DE TÉNACITÉ $\frac{F}{C}$	2,74	2,66	2,67	Bois moyennement tenace
COTE DE RAIDEUR $\frac{L}{f}$	15,65	25,78	22,37	Bois élastique
COEFFICIENT DE RÉSILIENCE k	0,34	0,41	0,40	Bois résilient
COTE DYNAMIQUE $\frac{k}{D^2}$	1,04	1,27	1,22	Élevée
RÉSISTANCE PAR CM² A LA TRACTION	20,52 kg	16,89 kg	17,70 kg	Bois moyennement adhérent
COTE D'ADHÉRENCE $\frac{Trac.}{100\ D}$	0,36	0,30	0,31	
RÉSISTANCE PAR CM AU FENDAGE .	11,12 kg	9,03 kg	9,49 kg	Bois très fissile
COTE DE FENDAGE $\frac{Fend.}{100\ D}$	0,19	0,16	0,17	

TABLEAU XI. — CEDROGNE, PARCELLE 127, CATÉGORIE BOIS DE MINE.

TRONÇON N° 3.

Propriétés	Valeurs chiffrées			Interprétations
	Centre	Extérieur	Moyenne	
A. — Anatomiques				
ÉPAISSEUR DES CERNES ANNUELS ..	2,4 mm	1,1 mm	1,4 mm	Faible
PROPORTION DE BOIS D'ÉTÉ	35,10 %	42,36 %	40,75 %	Forte
B. — Physiques				
DURETÉ N, à 15% d'humidité	1,726	2,067	1,999	Bois tendre à mi-dur
DENSITÉ D, à 15% d'humidité	0,552	0,577	0,572	Bois mi-lourd
HYGROSCOPICITÉ A L'AIR *d*, ou correction de la densité pour une variation de 1% d'humidité	0,0029	0,0019	0,0021	Faible
POINT DE SATURATION A L'AIR S ..	31,52 %	28,97 %	29,33 %	Normal
RETRAIT TOTAL B	14,88 %	19,47 %	18,39 %	Fort
COEFFICIENTS DE RÉTRACTIBILITÉ .				
axiale a	0,025 %	0,037 %	0,034 %	
radiale r	0,139 %	0,239 %	0,217 %	
tangentielle t	0,308 %	0,396 %	0,376 %	
volumétrique v	0,472 %	0,672 %	0,627 %	Bois nerveux
C. — Mécaniques à 15% d'humidité				
COTE DE DURETÉ $\frac{N}{D^2}$	5,66	6,21	6,11	Normale
RÉSISTANCE PAR CM² A LA COMPRESSION C	406,04 kg	517,12 kg	494,90 kg	Supérieure
TENUE A L'HUMIDITÉ *c*	4,62 %	5,09 %	5,01 %	Médiocre
COTE STATIQUE $\frac{C}{100\ D}$	7,36	8,96	8,65	Moyenne
COTE SPÉCIFIQUE $\frac{C}{100\ D^2}$	13,33	15,53	15,13	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA FLEXION F	1.057 kg	1.340 kg	1.283 kg	Supérieure
TENUE A L'HUMIDITÉ c^1	4,04 %	4,90 %	4,76 %	Mauvaise
COTE DE FLEXION $\frac{F}{100\ D}$	19,15	23,22	22,43	Forte
COTE DE TÉNACITÉ $\frac{F}{C}$	2,60	2,59	2,59	Bois moyennement tenace
COTE DE RAIDEUR $\frac{L}{f}$	23,78	25,67	25,26	Bois élastique
COEFFICIENT DE RÉSILIENCE k ...	0,40	0,46	0,44	Bois résilient
COTE DYNAMIQUE $\frac{k}{D^2}$	1,31	1,37	1,35	Élevée
RÉSISTANCE PAR CM² A LA TRACTION	18,60 kg	15,89 kg	16,43 kg	Bois peu à moyennement adhérent
COTE D'ADHÉRENCE $\frac{Trac.}{100\ D}$	0,34	0,27	0,29	
RÉSISTANCE PAR CM AU FENDAGE .	9,46 kg	7,76 kg	8,10 kg	Bois très fissile
COTE DE FENDAGE $\frac{Fend.}{100\ D}$	0,17	0,13	0,14	

TABLEAU XII. — CEDROGNE, PARCELLE 127, CATÉGORIE BOIS DE MINE.

MOYENNE POUR LES TRONÇONS N^os 1, 2, 3.

Propriétés	Valeurs chiffrées	Interprétations
A. — Anatomiques		
ÉPAISSEUR DES CERNES ANNUELS ..	1,4 mm	Faible
PROPORTION DE BOIS D'ÉTÉ	35,69 %	Forte
B. — Physiques		
DURETÉ N, à 15% d'humidité	1,706	Bois tendre
DENSITÉ D, à 15% d'humidité	0,564	Bois mi-lourd
HYGROSCOPICITÉ A L'AIR *d*, ou correction de la densité pour une variation de 1% d'humidité	0,0021	Faible
POINT DE SATURATION A L'AIR S ..	29,51 %	Normal
RETRAIT TOTAL B	18,69 %	Fort
COEFFICIENTS DE RÉTRACTIBILITÉ .		
axiale a	0,043 %	
radiale r	0,210 %	
tangentielle t	0,380 %	
volumétrique v	0,633 %	Bois nerveux
C. — Mécaniques à 15% d'humidité		
COTE DE DURETÉ $\frac{N}{D^2}$	5,35	Faible
RÉSISTANCE PAR CM² A LA COMPRESSION C	469,50 kg	Supérieure
TENUE A L'HUMIDITÉ *c*	4,59 %	Moyenne à médiocre
COTE STATIQUE $\frac{C}{100\ D}$	8,32	Moyenne
COTE SPÉCIFIQUE $\frac{C}{100\ D^2}$	14,77	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA FLEXION F	1.218 kg	Supérieure
TENUE A L'HUMILITÉ c^1	4,62 %	Mauvaise
COTE DE FLEXION $\frac{F}{100\ D}$	21,59	Forte
COTE DE TÉNACITÉ $\frac{F}{C}$	2,59	Bois moyennement tenace
COTE DE RAIDEUR $\frac{L}{f}$	24,00	Bois élastique
COEFFICIENT DE RÉSILIENCE k ...	0,41	Bois résilient
COTE DYNAMIQUE $\frac{k}{D^2}$	1,29	Élevée
RÉSISTANCE PAR CM² A LA TRACTION	16,15 kg	Bois peu à moyennement adhérent
COTE D'ADHÉRENCE $\frac{\text{Trac.}}{100\ D}$	0,29	
RÉSISTANCE PAR CM AU FENDAGE .	8,52 kg	Bois très fissile
COTE DE FENDAGE $\frac{\text{Fend.}}{100\ D}$	0,15	

TABLEAU XIII. — CEDROGNE, PARCELLE 127, CATÉGORIE BOIS DE SCIAGE.

TRONÇON N° 1.

Propriétés	Valeurs chiffrées			Interprétations
	Centre	Extérieur	Moyenne	
A. — Anatomiques				
ÉPAISSEUR DES CERNES ANNUELS ..	3,7 mm	2,4 mm	2,7 mm	Forte
PROPORTION DE BOIS D'ÉTÉ	15,02 %	21,39 %	20,11 %	Moyenne à faible
B. — Physiques				
DURETÉ N, à 15% d'humidité	0,648	0,763	0,740	Bois très tendre
DENSITÉ D, à 15% d'humidité	0,453	0,468	0,465	Bois léger
HYGROSCOPICITÉ A L'AIR d, ou correction de la densité pour une variation de 1% d'humidité	0,0019	0,0016	0,0017	Faible
POINT DE SATURATION A L'AIR S ..	26,78 %	25,90 %	26,18 %	Normal
RETRAIT TOTAL B	15,29 %	16,99 %	16,65 %	Fort
COEFFICIENTS DE RÉTRACTIBILITÉ .				
axiale a	0,018 %	0,020 %	0,020 %	
radiale r	0,171 %	0,218 %	0,209 %	
tangentielle t	0,362 %	0,418 %	0,407 %	
volumétrique v	0,551 %	0,656 %	0,636 %	Bois nerveux
C. — Mécaniques à 15% d'humidité				
COTE DE DURETÉ $\frac{N}{D^2}$	3,16	3,48	3,42	Faible
RÉSISTANCE PAR CM² A LA COMPRESSION C	358,48 kg	379,85 kg	375,57 kg	Moyenne
TENUE A L'HUMIDITÉ c	4,55 %	4,79 %	4,75 %	Moyenne à médiocre
COTE STATIQUE $\frac{C}{100\ D}$	7,91	8,12	8,08	Moyenne
COTE SPÉCIFIQUE $\frac{C}{100\ D^2}$	17,47	17,34	17,37	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA FLEXION F	822 kg	954 kg	928 kg	Inférieure à moyenne
TENUE A L'HUMIDITÉ c^1	4,04 %	4,76 %	4,63 %	Mauvaise
COTE DE FLEXION $\frac{F}{100\ D}$	18,15	20,38	19,96	Forte
COTE DE TÉNACITÉ $\frac{F}{C}$	2,29	2,51	2,47	Bois moyennement tenace
COTE DE RAIDEUR $\frac{L}{f}$	24,79	27,37	26,81	Bois élastique
COEFFICIENT DE RÉSILIENCE k ...	0,23	0,29	0,28	Bois moyennement résilient
COTE DYNAMIQUE $\frac{k}{D^2}$	1,10	1,35	1,30	Élevée
RÉSISTANCE PAR CM² A LA TRACTION	18,44 kg	15,13 kg	15,83 kg	Bois moyennement adhérent
COTE D'ADHÉRENCE $\frac{Trac.}{100\ D}$	0,41	0,27	0,34	
RÉSISTANCE PAR CM AU FENDAGE .	7,62 kg	7,79 kg	7,76 kg	Bois très fissile
COTE DE FENDAGE $\frac{Fend.}{100\ D}$	0,17	0,17	0,17	

TABLEAU XIV. — CEDROGNE, PARCELLE 127, CATÉGORIE BOIS DE SCIAGE.

TRONÇON N° 2.

Propriétés	Valeurs chiffrées			Interprétations
	Centre	Extérieur	Moyenne	
A. — Anatomiques				
ÉPAISSEUR DES CERNES ANNUELS	3,0 mm	2,3 mm	2,4 mm	Moyenne
PROPORTION DE BOIS D'ÉTÉ	16,93 %	21,75 %	20,78 %	Moyenne à faible
B. — Physiques				
DURETÉ N, à 15% d'humidité	0,871	0,890	0,886	Bois très tendre
DENSITÉ D, à 15% d'humidité	0,462	0,462	0,462	Bois léger
HYGROSCOPICITÉ A L'AIR d, ou correction de la densité pour une variation de 1% d'humidité	0,0019	0,0018	0,0018	Faible
POINT DE SATURATION A L'AIR S	25,06 %	28,44 %	27,72 %	Normal
RETRAIT TOTAL B	15,01 %	17,38 %	16,91 %	Fort
COEFFICIENTS DE RÉTRACTIBILITÉ :				
axiale a	0,021 %	0,022 %	0,022 %	
radiale r	0,165 %	0,177 %	0,175 %	
tangentielle t	0,413 %	0,412 %	0,413 %	
volumétrique v	0,599 %	0,611 %	0,610 %	Bois nerveux
C. — Mécaniques à 15% d'humidité				
COTE DE DURETÉ $\frac{N}{D^2}$	4,08	4,17	4,15	Faible
RÉSISTANCE PAR CM² A LA COMPRESSION C	407,88 kg	407,91 kg	407,90 kg	Moyenne
TENUE A L'HUMIDITÉ c	6,37 %	5,99 %	6,10 %	Mauvaise
COTE STATIQUE $\frac{C}{100\ D}$	8,83	8,83	8,83	Moyenne
COTE SPÉCIFIQUE $\frac{C}{100\ D^2}$	19,11	19,11	19,11	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA FLEXION F	989 kg	998 kg	996 kg	Moyenne
TENUE A L'HUMIDITÉ c^1	5,10 %	5,65 %	5,54 %	Mauvaise
COTE DE FLEXION $\frac{F}{100\ D}$	21,41	21,60	21,56	Forte
COTE DE TÉNACITÉ $\frac{F}{C}$	2,42	2,45	2,44	Bois moyennement tenace
COTE DE RAIDEUR $\frac{L}{f}$	28,27	27,03	27,27	Bois élastique
COEFFICIENT DE RÉSILIENCE k	0,27	0,32	0,31	Bois moyennement résilient
COTE DYNAMIQUE $\frac{k}{D^2}$	1,25	1,50	1,45	Élevée
RÉSISTANCE PAR CM² A LA TRACTION	13,85 kg	14,06 kg	14,02 kg	Bois moyennement à peu adhérent
COTE D'ADHÉRENCE $\frac{Trac.}{100\ D}$	0,30	0,30	0,30	
RÉSISTANCE PAR CM AU FENDAGE	7,03 kg	6,68 kg	6,75 kg	Bois très fissile
COTE DE FENDAGE $\frac{Fend.}{100\ D}$	0,15	0,14	0,15	

TABLEAU XV. — CEDROGNE, PARCELLE 127, CATÉGORIE BOIS DE SCIAGE.

TRONÇON N° 3.

Propriétés	Valeurs chiffrées			Interprétations
	Centre	Extérieur	Moyenne	
A. — Anatomiques				
ÉPAISSEUR DES CERNES ANNUELS	3,2 mm	2,5 mm	2,6 mm	Moyenne à forte
PROPORTION DE BOIS D'ÉTÉ	15,70 %	20,51 %	19,55 %	Faible à moyenne
B. — Physiques				
DURETÉ N, à 15% d'humidité	0,761	0,912	0,822	Bois très tendre
DENSITÉ D, à 15% d'humidité	0,416	0,457	0,449	Bois léger
HYGROSCOPICITÉ A L'AIR *d*, ou correction de la densité pour une variation de 1% d'humidité	0,0019	0,0019	0,0019	Faible
POINT DE SATURATION A L'AIR S	28,04 %	28,74 %	28,59 %	Normal
RETRAIT TOTAL B	15,45 %	16,44 %	16,25 %	Fort
COEFFICIENTS DE RÉTRACTIBILITÉ				
axiale a	0,019 %	0,023 %	0,022 %	
radiale r	0,164 %	0,179 %	0,176 %	
tangentielle t	0,368 %	0,370 %	0,370 %	
volumétrique v	0,551 %	0,572 %	0,568 %	Bois moyennement nerveux à nerv.
C. — Mécaniques à 15% d'humidité				
COTE DE DURETÉ $\frac{N}{D^2}$	4,40	4,37	4,39	Faible
RÉSISTANCE PAR CM² A LA COMPRESSION C	334,07 kg	371,67 kg	364,15 kg	Moyenne
TENUE A L'HUMIDITÉ *c*	4,35 %	4,70 %	4,63 %	Moyenne à médiocre
COTE STATIQUE $\frac{C}{100\ D}$	8,03	8,13	8,11	Moyenne
COTE SPÉCIFIQUE $\frac{C}{100\ D^2}$	19,30	17,80	18,06	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA FLEXION F	830 kg	914 kg	899 kg	Inférieure
TENUE A L'HUMIDITÉ c^1	3,86 %	4,11 %	4,07 %	Mauvaise
COTE DE FLEXION $\frac{F}{100\ D}$	19,95	20,00	20,00	Forte
COTE DE TÉNACITÉ $\frac{F}{C}$	2,48	2,46	2,47	Bois moyennement tenace
COTE DE RAIDEUR $\frac{L}{f}$	28,17	29,41	29,20	Bois élastique à moyen
COEFFICIENT DE RÉSILIENCE k	0,21	0,28	0,26	Bois moyennement résilient
COTE DYNAMIQUE $\frac{k}{D^2}$	1,20	1,34	1,31	Élevée
RÉSISTANCE PAR CM² A LA TRACTION	15,67 kg	14,69 kg	14,89 kg	Bois moyennement à peu adhérent
COTE D'ADHÉRENCE $\frac{Trac.}{100\ D}$	0,38	0,32	0,33	
RÉSISTANCE PAR CM AU FENDAGE	8,33 kg	7,11 kg	7,33 kg	Bois très fissile
COTE DE FENDAGE $\frac{Fend.}{100\ D}$	0,20	0,15	0,16	

TABLEAU XVI. — CEDROGNE, PARCELLE 127, CATÉGORIE BOIS DE SCIAGE.

MOYENNE POUR LES TRONÇONS N^os 1, 2, 3.

Propriétés	Valeurs chiffrées	Interprétations
A. — Anatomiques		
ÉPAISSEUR DES CERNES ANNUELS ..	2,6 mm	Moyenne à forte
PROPORTION DE BOIS D'ÉTÉ	20,15 %	Moyenne à faible
B. — Physiques		
DURETÉ N, à 15% d'humidité	0,836	Bois très tendre
DENSITÉ D, à 15% d'humidité	0,459	Bois léger
HYGROSCOPICITÉ A L'AIR d, ou correction de la densité pour une variation de 1% d'humidité	0,0018	Faible
POINT DE SATURATION A L'AIR S ..	27,50 %	Normal
RETRAIT TOTAL B	16,60 %	Fort
COEFFICIENTS DE RÉTRACTIBILITÉ .		
axiale a	0,021 %	
radiale r	0,187 %	
tangentielle t	0,397 %	
volumétrique v	0,605 %	Bois nerveux
C. — Mécaniques à 15% d'humidité		
COTE DE DURETÉ $\frac{N}{D^2}$	3,99	Faible
RÉSISTANCE PAR CM² A LA COMPRESSION C	382,54 kg	Moyenne
TENUE A L'HUMIDITÉ c	5,16 %	Médiocre
COTE STATIQUE $\frac{C}{100\ D}$	8,34	Moyenne
COTE SPÉCIFIQUE $\frac{C}{100\ D^2}$	18,18	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA FLEXION F	941 kg	Inférieure à moyenne
TENUE A L'HUMIDITÉ c^1	4,75 %	Mauvaise
COTE DE FLEXION $\frac{F}{100\ D}$	20,51	Forte
COTE DE TÉNACITÉ $\frac{F}{C}$	2,46	Bois moyennement tenace
COTE DE RAIDEUR $\frac{L}{f}$	27,76	Bois élastique
COEFFICIENT DE RÉSILIENCE k	0,29	Bois moyennement résilient
COTE DYNAMIQUE $\frac{k}{D^2}$	1,35	Élevée
RÉSISTANCE PAR CM² A LA TRACTION	14,91 kg	Bois moyennement à peu adhérent
COTE D'ADHÉRENCE $\frac{Trac.}{100\ D}$	0,32	
RÉSISTANCE PAR CM AU FENDAGE .	7,28 kg	Bois très fissile
COTE DE FENDAGE $\frac{Fend.}{100\ D}$	0,16	

TABLEAU XVII. — CEDROGNE, PARCELLE 130ª, CATÉGORIE BOIS DE MINE.

TRONÇON N° 1.

Propriétés	Valeurs chiffrées			Interprétations
	Centre	Extérieur	Moyenne	
A. — Anatomiques				
ÉPAISSEUR DES CERNES ANNUELS ..	3,3 mm	1,0 mm	1,5 mm	Faible
PROPORTION DE BOIS D'ÉTÉ	24,41 %	36,06 %	33,73 %	Forte
B. — Physiques				
DURETÉ N, à 15% d'humidité	1,178	2,117	1,983	Bois tendre à mi-dur
DENSITÉ D, à 15% d'humidité	0,476	0,557	0,545	Bois mi-lourd
HYGROSCOPICITÉ A L'AIR *d*, ou correction de la densité pour une variation de 1% d'humidité	0,0026	0,0023	0,0024	Normale
POINT DE SATURATION A L'AIR S ..	34,62 %	32,99 %	32,89 %	Normal
RETRAIT TOTAL B	15,72 %	19,40 %	18,55 %	Fort
COEFFICIENTS DE RÉTRACTIBILITÉ .				
axiale a	0,013 %	0,014 %	0,014 %	
radiale r	0,125 %	0,194 %	0,181 %	
tangentielle t	0,316 %	0,382 %	0,369 %	
volumétrique v	0,454 %	0,590 %	0,564 %	Bois moyennement nerveux à nerv.
C. — Mécaniques à 15% d'humidité				
COTE DE DURETÉ $\frac{N}{D^2}$	5,20	6,82	6,68	Normale
RÉSISTANCE PAR CM² A LA COMPRESSION C	344,13 kg	465,05 kg	447,77 kg	Moyenne à supérieure
TENUE A L'HUMIDITÉ *c*	2,68 %	3,85 %	3,72 %	Normale
COTE STATIQUE $\frac{C}{100\ D}$	7,23	8,35	8,22	Moyenne
COTE SPÉCIFIQUE $\frac{C}{100\ D^2}$	15,19	14,99	15,07	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA FLEXION F	866 kg	1.191 kg	1.145 kg	Moyenne à supérieure
TENUE A L'HUMIDITÉ c^1	2,29 %	3,54 %	3,40 %	Médiocre
COTE DE FLEXION $\frac{F}{100\ D}$	18,19	21,38	21,01	Forte
COTE DE TÉNACITÉ $\frac{F}{C}$	2,52	2,56	2,56	Bois moyennement tenace
COTE DE RAIDEUR $\frac{L}{f}$	22,77	26,43	25,86	Bois élastique
COEFFICIENT DE RÉSILIENCE k ...	0,22	0,36	0,33	Bois moyennement résilient
COTE DYNAMIQUE $\frac{k}{D^2}$	0,96	1,17	1,12	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA TRACTION	12,67 kg	13,84 kg	13,67 kg	Bois peu adhérent
COTE D'ADHÉRENCE $\frac{\text{Trac.}}{100\ D}$	0,27	0,25	0,25	
RÉSISTANCE PAR CM AU FENDAGE .	9,04 kg	7,56 kg	7,77 kg	Bois très fissile
COTE DE FENDAGE $\frac{\text{Fend.}}{100\ D}$	0,19	0,14	0,14	

TABLEAU XVIII. — CEDROGNE, PARCELLE 130^a, CATÉGORIE BOIS DE MINE.

TRONÇON N° 2.

Propriétés	Valeurs chiffrées			Interprétations
	Centre	Extérieur	Moyenne	
A. — Anatomiques				
ÉPAISSEUR DES CERNES ANNUELS ..	2,0 mm	0,9 mm	1,2 mm	Faible
PROPORTION DE BOIS D'ÉTÉ	31,56 %	38,55 %	37,08 %	Forte
B. — Physiques				
DURETÉ N, à 15% d'humidité	1,327	1,386	1,377	Bois tendre
DENSITÉ D, à 15% d'humidité	0,489	0,539	0,532	Bois mi-lourd
HYGROSCOPICITÉ A L'AIR *d*, ou correction de la densité pour une variation de 1% d'humidité	0,0022	0,0020	0,0021	Faible
POINT DE SATURATION A L'AIR S ..	34,36 %	32,99 %	33,11 %	Normal
RETRAIT TOTAL B	18,66 %	20,49 %	20,03 %	Fort
COEFFICIENTS DE RÉTRACTIBILITÉ .				
axiale a	0,014 %	0,015 %	0,015 %	
radiale r	0,178 %	0,211 %	0,204 %	
tangentielle t	0,351 %	0,395 %	0,386 %	
volumétrique v	0,543 %	0,621 %	0,605 %	Bois nerveux
C. — Mécaniques à 15% d'humidité				
COTE DE DURETÉ $\frac{N}{D^2}$	5,55	4,77	4,86	Faible
RÉSISTANCE PAR CM² A LA COMPRESSION C	396,34 kg	458,65 kg	449,75 kg	Moyenne à supérieure
TENUE A L'HUMIDITÉ *c*	3,14 %	3,60 %	3,55 %	Normale
COTE STATIQUE $\frac{C}{100\ D}$	8,10	8,51	8,45	Moyenne
COTE SPÉCIFIQUE $\frac{C}{100\ D^2}$	16,57	15,79	15,89	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA FLEXION F	924 kg	1.165 kg	1.131 kg	Moyenne à supérieure
TENUE A L'HUMILITÉ c^1	2,26 %	2,58 %	2,54 %	Moyenne à médiocre
COTE DE FLEXION $\frac{F}{100\ D}$	18,89	21,61	21,26	Forte
COTE DE TÉNACITÉ $\frac{F}{C}$	2,33	2,54	2,51	Bois moyennement tenace
COTE DE RAIDEUR $\frac{L}{f}$	29,45	26,64	27,00	Bois élastique
COEFFICIENT DE RÉSILIENCE k ...	0,33	0,46	0,41	Bois résilient
COTE DYNAMIQUE $\frac{k}{D^2}$	1,37	1,60	1,45	Élevée
RÉSISTANCE PAR CM² A LA TRACTION	12,30 kg	12,47 kg	12,44 kg	Bois peu adhérent
COTE D'ADHÉRENCE $\frac{Trac.}{100\ D}$	0,25	0,23	0,23	
RÉSISTANCE PAR CM AU FENDAGE .	6,66 kg	5,96 kg	6,06 kg	Bois très fissile
COTE DE FENDAGE $\frac{Fend.}{100\ D}$	0,14	0,11	0,11	

TABLEAU XIX. — CEDROGNE, PARCELLE 130a, CATÉGORIE BOIS DE MINE.

TRONÇON N° 3.

Propriétés	Valeurs chiffrées			Interprétations
	Centre	Extérieur	Moyenne	
A. — Anatomiques				
ÉPAISSEUR DES CERNES ANNUELS ..	3,6 mm	1,0 mm	1,6 mm	Moyenne à faible
PROPORTION DE BOIS D'ÉTÉ	16,28 %	36,11 %	31,70 %	Forte
B. — Physiques				
DURETÉ N, à 15% d'humidité	0,907	1,083	1,058	Bois tendre à très tendre
DENSITÉ D, à 15% d'humidité	0,462	0,523	0,514	Bois léger à mi-lourd
HYGROSCOPICITÉ A L'AIR *d*, ou correction de la densité pour une variation de 1% d'humidité	0,0025	0,0019	0,0021	Faible
POINT DE SATURATION A L'AIR S ..	33,64 %	30,85 %	30,97 %	Normal
RETRAIT TOTAL B	15,34 %	19,59 %	18,43 %	Fort
COEFFICIENTS DE RÉTRACTIBILITÉ .				
axiale a	0,013 %	0,012 %	0,012 %	
radiale r	0,130 %	0,220 %	0,200 %	
tangentielle t	0,313 %	0,403 %	0,383 %	
volumétrique v	0,456 %	0,635 %	0,595 %	Bois nerveux
C. — Mécaniques à 15% d'humidité				
COTE DE DURETÉ $\frac{N}{D^2}$	4,25	3,96	4,00	Faible
RÉSISTANCE PAR CM² A LA COMPRESSION C	394,80 kg	460,77 kg	444,20 kg	Moyenne à supérieure
TENUE A L'HUMIDITÉ *c*	4,04 %	3,73 %	3,83 %	Normale
COTE STATIQUE $\frac{C}{100\ D}$	8,54	8,81	8,64	Moyenne
COTE SPÉCIFIQUE $\frac{C}{100\ D^2}$	18,50	16,84	16,81	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA FLEXION F	970 kg	1.117 kg	1.096 kg	Moyenne à supérieure
TENUE A L'HUMIDITÉ c^1	3,86 %	3,30 %	3,37 %	Médiocre
COTE DE FLEXION $\frac{F}{100\ D}$	20,99	21,36	21,32	Forte
COTE DE TÉNACITÉ $\frac{F}{C}$	2,46	2,42	2,47	Bois moyennement tenace
COTE DE RAIDEUR $\frac{L}{f}$	24,49	25,97	25,75	Bois élastique
COEFFICIENT DE RÉSILIENCE k	0,21	0,36	0,28	Bois moyennement résilient
COTE DYNAMIQUE $\frac{k}{D^2}$	0,99	1,31	1,08	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA TRACTION	14,61 kg	12,15 kg	12,50 kg	Bois peu adhérent
COTE D'ADHÉRENCE $\frac{\text{Trac.}}{100\ D}$	0,32	0,23	0,24	
RÉSISTANCE PAR CM AU FENDAGE .	8,27 kg	6,04 kg	6,36 kg	Bois très fissile
COTE DE FENDAGE $\frac{\text{Fend.}}{100\ D}$	0,18	0,11	0,12	

TABLEAU XX. — CEDROGNE, PARCELLE 130^a, CATÉGORIE BOIS DE MINE.

MOYENNE POUR LES TRONÇONS N^os 1, 2, 3.

Propriétés	Valeurs chiffrées	Interprétations
A. — Anatomiques		
ÉPAISSEUR DES CERNES ANNUELS ..	1,4 mm	Faible
PROPORTION DE BOIS D'ÉTÉ	34,17 %	Forte
B. — Physiques		
DURETÉ N, à 15% d'humidité	1,473	Bois tendre
DENSITÉ D, à 15% d'humidité	0,530	Bois mi-lourd
HYGROSCOPICITÉ A L'AIR d, ou correction de la densité pour une variation de 1% d'humidité	0,0022	Faible
POINT DE SATURATION A L'AIR S ..	32,32 %	Normal
RETRAIT TOTAL B	19,00 %	Fort
COEFFICIENTS DE RÉTRACTIBILITÉ .		
axiale a	0,014 %	
radiale r	0,195 %	
tangentielle t	0,379 %	
volumétrique v	0,588 %	Bois nerveux
C. — Mécaniques à 15% d'humidité		
COTE DE DURETÉ $\frac{N}{D^2}$	5,18	Faible
RÉSISTANCE PAR CM^2 A LA COMPRESSION C	447,24 kg	Moyenne à supérieure
TENUE A L'HUMIDITÉ c	3,70 %	Normale
COTE STATIQUE $\frac{C}{100\ D}$	8,44	Moyenne
COTE SPÉCIFIQUE $\frac{C}{100\ D^2}$	15,92	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM^2 A LA FLEXION F	1.124 kg	Moyenne à supérieure
TENUE A L'HUMIDITÉ c^1	3,10 %	Médiocre
COTE DE FLEXION $\frac{F}{100\ D}$	21,20	Forte
COTE DE TÉNACITÉ $\frac{F}{C}$	2,51	Bois moyennement tenace
COTE DE RAIDEUR $\frac{L}{f}$	26,20	Bois élastique
COEFFICIENT DE RÉSILIENCE k ...	0,34	Bois moyennement résilient
COTE DYNAMIQUE $\frac{k}{D^2}$	1,22	Élevée
RÉSISTANCE PAR CM^2 A LA TRACTION	12,87 kg	
COTE D'ADHÉRENCE $\frac{Trac.}{100\ D}$	0,24	Bois peu adhérent
RÉSISTANCE PAR CM AU FENDAGE .	6,73 kg	
COTE DE FENDAGE $\frac{Fend.}{100\ D}$	0,12	Bois très fissile

TABLEAU XXI. — CEDROGNE, PARCELLE 130ª, CATÉGORIE BOIS DE SCIAGE.

TRONÇON Nº 1.

Propriétés	Valeurs chiffrées			Interprétations
	Centre	Extérieur	Moyenne	
A. — Anatomiques				
ÉPAISSEUR DES CERNES ANNUELS	4,4 mm	1,9 mm	2,5 mm	Moyenne
PROPORTION DE BOIS D'ÉTÉ	23,28 %	36,13 %	32,91 %	Forte
B. — Physiques				
DURETÉ N, à 15% d'humidité	0,575	1,491	1,262	Bois tendre
DENSITÉ D, à 15% d'humidité	0,381	0,471	0,448	Bois léger
HYGROSCOPICITÉ A L'AIR *d*, ou correction de la densité pour une variation de 1% d'humidité	0,0019	0,0018	0,0019	Faible
POINT DE SATURATION A L'AIR S	30,04 %	24,60 %	25,77 %	Normal
RETRAIT TOTAL B	14,78 %	15,03 %	14,97 %	Moyen à fort
COEFFICIENTS DE RÉTRACTIBILITÉ :				
axiale a	0,054 %	0,049 %	0,050 %	
radiale r	0,137 %	0,202 %	0,185 %	
tangentielle t	0,301 %	0,360 %	0,346 %	
volumétrique v	0,492 %	0,611 %	0,581 %	Bois nerveux
C. — Mécaniques à 15% d'humidité				
COTE DE DURETÉ $\frac{N}{D^2}$	3,96	6,72	6,29	Normale
RÉSISTANCE PAR CM² A LA COMPRESSION C	306,53 kg	388,63 kg	368,10 kg	Moyenne
TENUE A L'HUMIDITÉ *c*	6,11 %	5,50 %	5,63 %	Médiocre
COTE STATIQUE $\frac{C}{100\ D}$	8,04	8,25	8,22	Moyenne
COTE SPÉCIFIQUE $\frac{C}{100\ D^2}$	21,12	17,52	18,34	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA FLEXION F	671 kg	982 kg	916 kg	Inférieure à moyenne
TENUE A L'HUMIDITÉ c^1	2,17 %	3,84 %	3,59 %	Médiocre
COTE DE FLEXION $\frac{F}{100\ D}$	17,61	20,85	20,45	Forte
COTE DE TÉNACITÉ $\frac{F}{C}$	2,19	2,53	2,49	Bois moyennement tenace
COTE DE RAIDEUR $\frac{L}{f}$	27,55	27,65	27,62	Bois élastique
COEFFICIENT DE RÉSILIENCE k	0,16	0,19	0,18	Bois fragile
COTE DYNAMIQUE $\frac{k}{D^2}$	1,07	0,84	0,90	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA TRACTION	16,81 kg	17,61 kg	17,41 kg	Bois moyennement adhérent
COTE D'ADHÉRENCE $\frac{Trac.}{100\ D}$	0,44	0,37	0,39	
RÉSISTANCE PAR CM AU FENDAGE	9,01 kg	8,94 kg	8,96 kg	Bois fissile
COTE DE FENDAGE $\frac{Fend.}{100\ D}$	0,24	0,19	0,20	

TABLEAU XXII. — CEDROGNE, PARCELLE 130^a, CATÉGORIE BOIS DE SCIAGE.

TRONÇON N° 2.

Propriétés	Valeurs chiffrées			Interprétations
	Centre	Extérieur	Moyenne	
A. — Anatomiques				
ÉPAISSEUR DES CERNES ANNUELS ..	4,0 mm	1,8 mm	2,2 mm	Moyenne
PROPORTION DE BOIS D'ÉTÉ	31,55 %	41,35 %	39,40 %	Forte
B. — Physiques				
DURETÉ N, à 15% d'humidité	0,710	1,298	1,180	Bois tendre
DENSITÉ D, à 15% d'humidité	0,401	0,482	0,466	Bois léger
HYGROSCOPICITÉ A L'AIR *d*, ou correction de la densité pour une variation de 1% d'humidité	0,0022	0,0025	0,0024	Normale
POINT DE SATURATION A L'AIR S ..	30,27 %	33,06 %	32,55 %	Normal
RETRAIT TOTAL B	13,65 %	16,07 %	15,59 %	Fort
COEFFICIENTS DE RÉTRACTIBILITÉ .				
axiale a	0,035 %	0,036 %	0,036 %	
radiale r	0,125 %	0,128 %	0,127 %	
tangentielle t	0,291 %	0,322 %	0,316 %	
volumétrique v	0,451 %	0,486 %	0,479 %	Bois moyennement nerveux
C. — Mécaniques à 15% d'humidité				
COTE DE DURETÉ $\frac{N}{D^2}$	4,41	5,59	5,43	Faible
RÉSISTANCE PAR CM² A LA COMPRESSION C	291,31 kg	360,94 kg	347,01 kg	Inférieure à moyenne
TENUE A L'HUMIDITÉ *c*	5,02 %	4,60 %	4,67 %	Moyenne à médiocre
COTE STATIQUE $\frac{C}{100\ D}$	7,26	7,49	7,45	Inférieure
COTE SPÉCIFIQUE $\frac{C}{100\ D^2}$	18,12	15,54	15,98	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA FLEXION F	646 kg	934 kg	860 kg	Inférieure
TENUE A L'HUMIDITÉ c^1	3,45 %	4,75 %	4,49 %	Mauvaise
COTE DE FLEXION $\frac{F}{100\ D}$	16,11	19,38	18,45	Moyenne
COTE DE TÉNACITÉ $\frac{F}{C}$	2,22	2,59	2,48	Bois moyennement tenace
COTE DE RAIDEUR $\frac{L}{f}$	28,74	28,10	28,27	Bois élastique
COEFFICIENT DE RÉSILIENCE k	0,17	0,31	0,28	Bois moyennement résilient
COTE DYNAMIQUE $\frac{k}{D^2}$	1,06	1,35	1,29	Élevée
RÉSISTANCE PAR CM² A LA TRACTION	14,63 kg	13,93 kg	14,07 kg	Bois moyennement à peu adhérent
COTE D'ADHÉRENCE $\frac{Trac.}{100\ D}$	0,36	0,29	0,30	
RÉSISTANCE PAR CM AU FENDAGE .	9,06 kg	7,05 kg	7,45 kg	Bois très fissile
COTE DE FENDAGE $\frac{Fend.}{100\ D}$	0,22	0,15	0,16	

TABLEAU XXIII. — CEDROGNE, PARCELLE 130ª, CATÉGORIE BOIS DE SCIAGE.

TRONÇON Nº 3.

Propriétés	Valeurs chiffrées			Interprétations
	Centre	Extérieur	Moyenne	
A. — Anatomiques				
ÉPAISSEUR DES CERNES ANNUELS ..	3,3 mm	1,8 mm	2,2 mm	Moyenne
PROPORTION DE BOIS D'ÉTÉ	28,94 %	40,97 %	37,96 %	Forte
B. — Physiques				
DURETÉ N, à 15% d'humidité	0,760	1,348	1,201	Bois tendre
DENSITÉ D, à 15% d'humidité	0,410	0,484	0,465	Bois léger
HYGROSCOPICITÉ A L'AIR *d*, ou correction de la densité pour une variation de 1% d'humidité	0,0019	0,0018	0,0018	Faible
POINT DE SATURATION A L'AIR S ..	31,27 %	28,49 %	29,07 %	Normal
RETRAIT TOTAL B	16,95 %	17,69 %	17,50 %	Fort
COEFFICIENTS DE RÉTRACTIBILITÉ .				
axiale a	0,025 %	0,024 %	0,025 %	
radiale r	0,167 %	0,208 %	0,198 %	
tangentielle t	0,350 %	0,389 %	0,379 %	
volumétrique v	0,542 %	0,621 %	0,602 %	Bois nerveux
C. — Mécaniques à 15% d'humidité				
COTE DE DURETÉ $\frac{N}{D^2}$	4,52	5,75	5,55	Faible
RÉSISTANCE PAR CM² A LA COMPRESSION C	335,32 kg	410,57 kg	391,76 kg	Moyenne
TENUE A L'HUMIDITÉ *c*	5,86 %	5,23 %	5,36 %	Médiocre
COTE STATIQUE $\frac{C}{100\ D}$	8,18	8,48	8,42	Moyenne
COTE SPÉCIFIQUE $\frac{C}{100\ D^2}$	19,95	17,53	18,12	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA FLEXION F	752 kg	943 kg	897 kg	Inférieure
TENUE A L'HUMIDITÉ c^1	5,00 %	4,82 %	4,86 %	Mauvaise
COTE DE FLEXION $\frac{F}{100\ D}$	18,34	19,48	19,29	Moyenne à forte
COTE DE TÉNACITÉ $\frac{F}{C}$	2,24	2,30	2,29	Bois moyennement tenace
COTE DE RAIDEUR $\frac{L}{f}$	33,75	29,89	30,73	Bois moyen à élastique
COEFFICIENT DE RÉSILIENCE k ...	0,15	0,31	0,27	Bois moyennement résilient
COTE DYNAMIQUE $\frac{k}{D^2}$	0,91	1,32	1,24	Élevée
RÉSISTANCE PAR CM² A LA TRACTION	13,98 kg	12,74 kg	13,05 kg	Bois peu adhérent
COTE D'ADHÉRENCE $\frac{Trac.}{100\ D}$	0,34	0,26	0,28	
RÉSISTANCE PAR CM AU FENDAGE .	7,38 kg	6,42 kg	6,66 kg	Bois très fissile
COTE DE FENDAGE $\frac{Fend.}{100\ D}$	0,18	0,13	0,14	

TABLEAU XXIV. — CEDROGNE, PARCELLE 130^a, CATÉGORIE BOIS DE SCIAGE.

MOYENNE POUR LES TRONÇONS N^os 1, 2, 3.

Propriétés	Valeurs chiffrées	Interprétations
A. — Anatomiques		
ÉPAISSEUR DES CERNES ANNUELS ..	2,3 mm	Moyenne
PROPORTION DE BOIS D'ÉTÉ	36,76 %	Forte
B. — Physiques		
DURETÉ N, à 15% d'humidité	1,214	Bois tendre
DENSITÉ D, à 15% d'humidité	0,460	Bois léger
HYGROSCOPICITÉ A L'AIR *d*, ou correction de la densité pour une variation de 1% d'humidité	0,0020	Faible
POINT DE SATURATION A L'AIR S ..	29,13 %	Normal
RETRAIT TOTAL B	16,02 %	Fort
COEFFICIENTS DE RÉTRACTIBILITÉ .		
axiale a	0,037 %	
radiale r	0,170 %	
tangentielle t	0,347 %	
volumétrique v	0,554 %	Bois moyennement nerveux à nerv.
C. — Mécaniques à 15% d'humidité		
COTE DE DURETÉ $\frac{N}{D^2}$	5,76	Faible
RÉSISTANCE PAR CM^2 A LA COMPRESSION C	368,96 kg	Moyenne
TENUE A L'HUMIDITÉ *c*	5,22 %	Médiocre
COTE STATIQUE $\frac{C}{100\ D}$	8,03	Moyenne
COTE SPÉCIFIQUE $\frac{C}{100\ D^2}$	17,48	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM^2 A LA FLEXION F	891 kg	Inférieure
TENUE A L'HUMILITÉ c^1	4,32 %	Mauvaise
COTE DE FLEXION $\frac{F}{100\ D}$	19,40	Moyenne à forte
COTE DE TÉNACITÉ $\frac{F}{C}$	2,42	Bois moyennement tenace
COTE DE RAIDEUR $\frac{L}{f}$	28,87	Bois élastique
COEFFICIENT DE RÉSILIENCE k ...	0,24	Bois moyennement résilient
COTE DYNAMIQUE $\frac{k}{D^2}$	1,14	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM^2 A LA TRACTION	14,84 kg	Bois moyennement à peu adhérent
COTE D'ADHÉRENCE $\frac{Trac.}{100\ D}$	0,32	
RÉSISTANCE PAR CM AU FENDAGE .	7,69 kg	Bois très fissile
COTE DE FENDAGE $\frac{Fend.}{100\ D}$	0,17	

TABLEAU XXV. — CEDROGNE, PARCELLE 130f, CATÉGORIE BOIS DE MINE.

TRONÇON N° 1.

Propriétés	Valeurs chiffrées			Interprétations
	Centre	Extérieur	Moyenne	
A. — Anatomiques				
ÉPAISSEUR DES CERNES ANNUELS ..	2,5 mm	1,3 mm	1,6 mm	Moyenne à faible
PROPORTION DE BOIS D'ÉTÉ	25,54 %	30,78 %	29,47 %	Moyenne à forte
B. — Physiques				
DURETÉ N, à 15% d'humidité	1,417	1,097	1,161	Bois tendre
DENSITÉ D, à 15% d'humidité	0,475	0,482	0,481	Bois léger
HYGROSCOPICITÉ A L'AIR *d*, ou correction de la densité pour une variation de 1% d'humidité	0,0027	0,0024	0,0025	Normale
POINT DE SATURATION A L'AIR S ..	31,64 %	33,75 %	33,15 %	Normal
RETRAIT TOTAL B	13,89 %	16,64 %	15,88 %	Fort
COEFFICIENTS DE RÉTRACTIBILITÉ .				
axiale a	0,022 %	0,021 %	0,021 %	
radiale r	0,127 %	0,146 %	0,141 %	
tangentielle t	0,290 %	0,326 %	0,317 %	
volumétrique v	0,439 %	0,493 %	0,479 %	Bois moyennement nerveux
C. — Mécaniques à 15% d'humidité				
COTE DE DURETÉ $\frac{N}{D^2}$	6,28	4,72	5,02	Faible
RÉSISTANCE PAR CM² A LA COMPRESSION C	343,74 kg	389,42 kg	380,28 kg	Moyenne
TENUE A L'HUMIDITÉ *c*	5,07 %	5,25 %	5,21 %	Médiocre
COTE STATIQUE $\frac{C}{100\ D}$	7,24	8,08	7,91	Inférieure
COTE SPÉCIFIQUE $\frac{C}{100\ D^2}$	15,23	16,76	16,44	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA FLEXION F	800 kg	917 kg	894 kg	Inférieure
TENUE A L'HUMIDITÉ c^1	3,52 %	3,52 %	3,52 %	Médiocre
COTE DE FLEXION $\frac{F}{100\ D}$	16,84	19,02	18,59	Moyenne
COTE DE TENACITÉ $\frac{F}{C}$	2,33	2,35	2,35	Bois moyennement tenace
COTE DE RAIDEUR $\frac{L}{f}$	24,36	21,31	22,10	Bois élastique
COEFFICIENT DE RÉSILIENCE k ...	0,29	0,35	0,33	Bois moyennement résilient
COTE DYNAMIQUE $\frac{k}{D^2}$	1,14	1,52	1,43	Élevée
RÉSISTANCE PAR CM² A LA TRACTION	21,09 kg	19,09 kg	19,49 kg	Bois moyennement adhérent
COTE D'ADHÉRENCE $\frac{\text{Trac.}}{100\ D}$	0,44	0,40	0,40	
RÉSISTANCE PAR CM AU FENDAGE .	10,17 kg	9,58 kg	9,70 kg	Bois fissile
COTE DE FENDAGE $\frac{\text{Fend.}}{100\ D}$	0,21	0,20	0,20	

TABLEAU XXVI. — CEDROGNE, PARCELLE 130f, CATÉGORIE BOIS DE MINE.

TRONÇON N° 2.

Propriétés	Valeurs chiffrées			Interprétations
	Centre	Extérieur	Moyenne	
A. — Anatomiques				
ÉPAISSEUR DES CERNES ANNUELS ..	3,1 mm	1,3 mm	1,7 mm	Moyenne
PROPORTION DE BOIS D'ÉTÉ	16,67 %	25,95 %	23,96 %	Moyenne
B. — Physiques				
DURETÉ N, à 15% d'humidité	0,778	1,251	1,156	Bois tendre
DENSITÉ D, à 15% d'humidité	0,426	0,484	0,472	Bois léger
HYGROSCOPICITÉ A L'AIR d, ou correction de la densité pour une variation de 1% d'humidité	0,0022	0,0021	0,0022	Faible
POINT DE SATURATION A L'AIR S ..	33,82 %	33,44 %	33,47 %	Normal
RETRAIT TOTAL B	15,93 %	18,76 %	18,14 %	Fort
COEFFICIENTS DE RÉTRACTIBILITÉ .				
axiale a	0,027 %	0,019 %	0,021 %	
radiale r	0,143 %	0,171 %	0,165 %	
tangentielle t	0,301 %	0,371 %	0,356 %	
volumétrique v	0,471 %	0,561 %	0,542 %	Bois moyennement nerveux à nerv.
C. — Mécaniques à 15% d'humidité				
COTE DE DURETÉ $\frac{N}{D^2}$	4,29	5,34	5,19	Faible
RÉSISTANCE PAR CM² A LA COMPRESSION C	330,48 kg	399,41 kg	385,62 kg	Moyenne
TENUE A L'HUMIDITÉ c	6,11 %	4,75 %	4,98 %	Moyenne à médiocre
COTE STATIQUE $\frac{C}{100\ D}$	7,76	8,35	8,17	Moyenne
COTE SPÉCIFIQUE $\frac{C}{100\ D^2}$	18,21	17,05	17,30	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA FLEXION F	796 kg	1.040 kg	982 kg	Moyenne
TENUE A L'HUMIDITÉ c^1	4,64 %	4,60 %	4,61 %	Mauvaise
COTE DE FLEXION $\frac{F}{100\ D}$	18,68	21,49	20,80	Forte
COTE DE TÉNACITÉ $\frac{F}{C}$	2,41	2,60	2,55	Bois moyennement tenace
COTE DE RAIDEUR $\frac{L}{f}$	23,62	25,67	25,16	Bois élastique
COEFFICIENT DE RÉSILIENCE k ...	0,22	0,35	0,32	Bois moyennement résilient
COTE DYNAMIQUE $\frac{k}{D^2}$	1,21	1,50	1,43	Élevée
RÉSISTANCE PAR CM² A LA TRACTION	16,64 kg	17,03 kg	16,95 kg	Bois moyennement adhérent
COTE D'ADHÉRENCE $\frac{\text{Trac.}}{100\ D}$	0,39	0,35	0,36	
RÉSISTANCE PAR CM AU FENDAGE .	9,10 kg	7,38 kg	7,72 kg	Bois très fissile
COTE DE FENDAGE $\frac{\text{Fend.}}{100\ D}$	0,21	0,15	0,16	

TABLEAU XXVII. — CEDROGNE, PARCELLE 130f, CATÉGORIE BOIS DE MINE.

TRONÇON N° 3.

Propriétés	Valeurs chiffrées			Interprétations
	Centre	Extérieur	Moyenne	
A. — Anatomiques				
ÉPAISSEUR DES CERNES ANNUELS	2,7 mm	1,3 mm	1,6 mm	Moyenne à faible
PROPORTION DE BOIS D'ÉTÉ	19,64 %	26,62 %	25,07 %	Moyenne
B. — Physiques				
DURETÉ N, à 15% d'humidité	0,769	1,001	0,955	Bois très tendre à tendre
DENSITÉ D, à 15% d'humidité	0,447	0,487	0,479	Bois léger
HYGROSCOPICITÉ A L'AIR *d*, ou correction de la densité pour une variation de 1% d'humidité	0,0025	0,0022	0,0023	Normale
POINT DE SATURATION A L'AIR S	33,27 %	32,58 %	32,50 %	Normal
RETRAIT TOTAL B	14,69 %	17,58 %	16,90 %	Fort
COEFFICIENTS DE RÉTRACTIBILITÉ :				
axiale a	0,020 %	0,020 %	0,020 %	
radiale r	0,125 %	0,161 %	0,153 %	
tangentielle t	0,295 %	0,362 %	0,347 %	
volumétrique v	0,440 %	0,543 %	0,520 %	Bois moyennement nerveux
C. — Mécaniques à 15% d'humidité				
COTE DE DURETÉ $\frac{N}{D^2}$	3,85	4,22	4,16	Faible
RÉSISTANCE PAR CM² A LA COMPRESSION C	345,67 kg	403,26 kg	391,74 kg	Moyenne
TENUE A L'HUMIDITÉ *c*	4,34 %	4,14 %	4,17 %	Normale
COTE STATIQUE $\frac{C}{100\ D}$	7,73	8,29	8,18	Moyenne
COTE SPÉCIFIQUE $\frac{C}{100\ D^2}$	17,30	17,00	17,07	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA FLEXION F	773 kg	1.010 kg	973 kg	Moyenne
TENUE A L'HUMIDITÉ c_1	3,66 %	4,58 %	4,47 %	Mauvaise
COTE DE FLEXION $\frac{F}{100\ D}$	17,29	20,74	20,31	Forte
COTE DE TÉNACITÉ $\frac{F}{C}$	2,24	2,50	2,48	Bois moyennement tenace
COTE DE RAIDEUR $\frac{L}{f}$	28,64	24,05	24,67	Bois élastique
COEFFICIENT DE RÉSILIENCE k	0,26	0,32	0,31	Bois moyennement résilient
COTE DYNAMIQUE $\frac{k}{D^2}$	1,30	1,37	1,33	Élevée
RÉSISTANCE PAR CM² A LA TRACTION	19,14 kg	19,19 kg	19,18 kg	Bois moyennement adhérent
COTE D'ADHÉRENCE $\frac{Trac.}{100\ D}$	0,43	0,39	0,38	
RÉSISTANCE PAR CM AU FENDAGE	17,14 kg	16,20 kg	16,39 kg	Bois moyennement fissile
COTE DE FENDAGE $\frac{Fend.}{100\ D}$	0,38	0,33	0,34	

TABLEAU XXVIII. — CEDROGNE, PARCELLE 130f, CATÉGORIE BOIS DE MINE

MOYENNE POUR LES TRONÇONS N^os 1, 2, 3.

Propriétés	Valeurs chiffrées	Interprétations
A. — Anatomiques		
ÉPAISSEUR DES CERNES ANNUELS ..	1,6 mm	Moyenne à faible
PROPORTION DE BOIS D'ÉTÉ	26,17 %	Moyenne
B. — Physiques		
DURETÉ N, à 15% d'humidité	1,091	Bois tendre à très tendre
DENSITÉ D, à 15% d'humidité	0,477	Bois léger
HYGROSCOPICITÉ A L'AIR *d*, ou correction de la densité pour une variation de 1% d'humidité	0,0023	Normale
POINT DE SATURATION A L'AIR S ..	33,04 %	Normal
RETRAIT TOTAL B	16,97 %	Fort
COEFFICIENTS DE RÉTRACTIBILITÉ .		
axiale a	0,021 %	
radiale r	0,153 %	
tangentielle t	0,340 %	
volumétrique v	0,514 %	Bois moyennement nerveux
C. — Mécaniques à 15% d'humidité		
COTE DE DURETÉ $\frac{N}{D^2}$	4,79	Faible
RÉSISTANCE PAR CM² A LA COMPRESSION C	385,88 kg	Moyenne
TENUE A L'HUMIDITÉ *c*	4,79 %	Moyenne à médiocre
COTE STATIQUE $\frac{C}{100\ D}$	8,09	Moyenne
COTE SPÉCIFIQUE $\frac{C}{100\ D^2}$	16,94	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA FLEXION F	950 kg	Moyenne à inférieure
TENUE A L'HUMIDITÉ c^1	4,20 %	Mauvaise
COTE DE FLEXION $\frac{F}{100\ D}$	19,90	Forte
COTE DE TÉNACITÉ $\frac{F}{C}$	2,46	Bois moyennement tenace
COTE DE RAIDEUR $\frac{L}{f}$	23,98	Bois élastique
COEFFICIENT DE RÉSILIENCE k	0,32	Bois moyennement résilient
COTE DYNAMIQUE $\frac{k}{D^2}$	1,40	Élevée
RÉSISTANCE PAR CM² A LA TRACTION	18,54 kg	Bois moyennement adhérent
COTE D'ADHÉRENCE $\frac{Trac.}{100\ D}$	0,38	
RÉSISTANCE PAR CM AU FENDAGE .	11,27 kg	Bois moyennement fissile à fissile
COTE DE FENDAGE $\frac{Fend.}{100\ D}$	0,23	

TABLEAU XXIX. — CEDROGNE, PARCELLE 130f, CATÉGORIE BOIS DE SCIAGE

TRONÇON N° 1.

Propriétés	Valeurs chiffrées			Interprétations
	Centre	Extérieur	Moyenne	
A. — Anatomiques				
ÉPAISSEUR DES CERNES ANNUELS ..	2,8 mm	2,6 mm	2,7 mm	Forte
PROPORTION DE BOIS D'ÉTÉ	18,91 %	23,56 %	22,39 %	Moyenne
B. — Physiques				
DURETÉ N, à 15% d'humidité	0,859	1,133	1,064	Bois tendre à très tendre
DENSITÉ D, à 15% d'humidité	0,434	0,453	0,448	Bois léger
HYGROSCOPICITÉ A L'AIR *d*, ou correction de la densité pour une variation de 1% d'humidité	0,0024	0,0024	0,0024	Normale
POINT DE SATURATION A L'AIR S ..	35,45 %	32,52 %	33,17 %	Normal
RETRAIT TOTAL B	15,99 %	15,61 %	15,69 %	Fort
COEFFICIENTS DE RÉTRACTIBILITÉ .				
axiale a	0,017 %	0,019 %	0,019 %	
radiale r	0,133 %	0,143 %	0,140 %	
tangentielle t	0,301 %	0,318 %	0,314 %	
volumétrique v	0,451 %	0,480 %	0,473 %	Bois moyennement nerveux
C. — Mécaniques à 15% d'humidité				
COTE DE DURETÉ $\frac{N}{D^2}$	4,56	5,52	5,30	Faible
RÉSISTANCE PAR CM² A LA COMPRESSION C	354,03 kg	365,63 kg	362,73 kg	Moyenne
TENUE A L'HUMIDITÉ *c*	3,58 %	3,22 %	3,30 %	Bonne à moyenne
COTE STATIQUE $\frac{C}{100\ D}$	8,16	8,07	8,10	Moyenne
COTE SPÉCIFIQUE $\frac{C}{100\ D^2}$	18,79	17,82	18,07	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA FLEXION F	905 kg	986 kg	967 kg	Moyenne
TENUE A L'HUMIDITÉ c^1	3,40 %	3,55 %	3,52 %	Médiocre
COTE DE FLEXION $\frac{F}{100\ D}$	20,85	21,77	21,58	Forte
COTE DE TÉNACITÉ $\frac{F}{C}$	2,56	2,70	2,66	Bois moyennement tenace
COTE DE RAIDEUR $\frac{L}{f}$	27,18	28,81	28,44	Bois élastique
COEFFICIENT DE RÉSILIENCE k ...	0,25	0,22	0,23	Bois moyennement résilient
COTE DYNAMIQUE $\frac{k}{D^2}$	1,36	1,07	1,14	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA TRACTION	18,25 kg	18,44 kg	18,39 kg	Bois moyennement adhérent
COTE D'ADHÉRENCE $\frac{Trac.}{100\ D}$	0,42	0,41	0,41	
RÉSISTANCE PAR CM AU FENDAGE .	8,20 kg	8,72 kg	8,59 kg	Bois très fissile
COTE DE FENDAGE $\frac{Fend.}{100\ D}$	0,19	0,19	0,19	

TABLEAU XXX. — CEDROGNE, PARCELLE 130^f, CATÉGORIE BOIS DE SCIAGE.

TRONÇON N° 2.

Propriétés	Valeurs chiffrées			Interprétations
	Centre	Extérieur	Moyenne	
A. — Anatomiques				
ÉPAISSEUR DES CERNES ANNUELS ..	3,4 mm	2,9 mm	3,0 mm	Forte
PROPORTION DE BOIS D'ÉTÉ	16,48 %	18,91 %	18,42 %	Faible
B. — Physiques				
DURETÉ N, à 15% d'humidité	0,968	1,065	1,044	Bois tendre à très tendre
DENSITÉ D, à 15% d'humidité	0,444	0,429	0,432	Bois léger
HYGROSCOPICITÉ A L'AIR *d*, ou correction de la densité pour une variation de 1% d'humidité	0,0022	0,0022	0,0022	Faible
POINT DE SATURATION A L'AIR S ..	28,79 %	31,17 %	30,64 %	Normal
RETRAIT TOTAL B	14,51 %	14,87 %	14,80 %	Moyen à fort
COEFFICIENTS DE RÉTRACTIBILITÉ .				
axiale a	0,018 %	0,020 %	0,020 %	
radiale r	0,143 %	0,130 %	0,133 %	
tangentielle t	0,343 %	0,327 %	0,330 %	
volumétrique v	0,504 %	0,477 %	0,483 %	Bois moyennement nerveux
C. — Mécaniques à 15% d'humidité				
COTE DE DURETÉ $\frac{N}{D^2}$	4,91	5,79	5,59	Faible
RÉSISTANCE PAR CM² A LA COMPRESSION C	362,47 kg	367,17 kg	366,23 kg	Moyenne
TENUE A L'HUMIDITÉ *c*	3,56 %	3,52 %	3,53 %	Normale
COTE STATIQUE $\frac{C}{100\ D}$	8,16	8,56	8,48	Moyenne
COTE SPÉCIFIQUE $\frac{C}{100\ D^2}$	18,39	19,95	19,62	Moyenne à supérieure
RÉSISTANCE PAR CM² A LA FLEXION F	796 kg	866 kg	853 kg	Inférieure
TENUE A L'HUMILITÉ c^1	3,00 %	2,87 %	2,90 %	Moyenne à médiocre
COTE DE FLEXION $\frac{F}{100\ D}$	17,93	20,19	19,74	Moyenne à forte
COTE DE TÉNACITÉ $\frac{F}{C}$	2,20	2,36	2,33	Bois moyennement tenace
COTE DE RAIDEUR $\frac{L}{f}$	27,12	28,30	28,07	Bois élastique
COEFFICIENT DE RÉSILIENCE k ...	0,30	0,26	0,27	Bois moyennement résilient
COTE DYNAMIQUE $\frac{k}{D^2}$	1,52	1,42	1,44	Élevée
RÉSISTANCE PAR CM² A LA TRACTION	17,66 kg	17,35 kg	17,41 kg	Bois moyennement adhérent
COTE D'ADHÉRENCE $\frac{Trac.}{100\ D}$	0,40	0,40	0,40	
RÉSISTANCE PAR CM AU FENDAGE .	8,19 kg	8,87 kg	8,73 kg	Bois fissile
COTE DE FENDAGE $\frac{Fend.}{100\ D}$	0,18	0,21	0,20	

TABLEAU XXXI. — CEDROGNE, PARCELLE 130f, CATÉGORIE BOIS DE SCIAGE.

TRONÇON N° 3.

Propriétés	Valeurs chiffrées			Interprétations
	Centre	Extérieur	Moyenne	
A. — Anatomiques				
ÉPAISSEUR DES CERNES ANNUELS ..	3,2 mm	2,5 mm	2,6 mm	Moyenne à forte
PROPORTION DE BOIS D'ÉTÉ	15,67 %	20,02 %	19,15 %	Faible à moyenne
B. — Physiques				
DURETÉ N, à 15% d'humidité	0,845	1,053	1,011	Bois tendre à très tendre
DENSITÉ D, à 15% d'humidité	0,424	0,458	0,451	Bois léger
HYGROSCOPICITÉ A L'AIR *d*, ou correction de la densité pour une variation de 1% d'humidité	0,0019	0,0020	0,0020	Faible
POINT DE SATURATION A L'AIR S ..	28,35 %	27,84 %	27,91 %	Normal
RETRAIT TOTAL B	15,71 %	15,70 %	15,66 %	Fort
COEFFICIENTS DE RÉTRACTIBILITÉ .				
axiale a	0,039 %	0,035 %	0,036 %	
radiale r	0,148 %	0,162 %	0,160 %	
tangentielle t	0,360 %	0,367 %	0,365 %	
volumétrique v	0,547 %	0,564 %	0,561 %	Bois moyennement nerveux à nerv.
C. — Mécaniques à 15% d'humidité				
COTE DE DURETÉ $\frac{N}{D^2}$	4,70	5,02	4,97	Faible
RÉSISTANCE PAR CM² A LA COMPRESSION C	345,26 kg	369,00 kg	364,25 kg	Moyenne
TENUE A L'HUMIDITÉ *c*	3,84 %	3,74 %	3,76 %	Normale
COTE STATIQUE $\frac{C}{100\ D}$	8,14	8,06	8,08	Moyenne
COTE SPÉCIFIQUE $\frac{C}{100\ D^2}$	19,20	17,59	17,91	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA FLEXION F	832 kg	904 kg	899 kg	Inférieure
TENUE A L'HUMIDITÉ c^1	3,30 %	3,36 %	3,35 %	Médiocre
COTE DE FLEXION $\frac{F}{100\ D}$	19,62	19,74	19,71	Moyenne à forte
COTE DE TÉNACITÉ $\frac{F}{C}$	2,41	2,45	2,44	Bois moyennement tenace
COTE DE RAIDEUR $\frac{L}{f}$	30,11	28,13	28,54	Bois élastique
COEFFICIENT DE RÉSILIENCE k ...	0,22	0,24	0,24	Bois moyennement résilient
COTE DYNAMIQUE $\frac{k}{D^2}$	1,25	1,14	1,16	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA TRACTION	17,17 kg	16,94 kg	16,99 kg	Bois moyennement adhérent
COTE D'ADHÉRENCE $\frac{\text{Trac.}}{100\ D}$	0,40	0,37	0,38	
RÉSISTANCE PAR CM AU FENDAGE .	8,71 kg	7,32 kg	7,60 kg	Bois très fissile
COTE DE FENDAGE $\frac{\text{Fend.}}{100\ D}$	0,20	0,16	0,17	

TABLEAU XXXII. – CEDROGNE, PARCELLE 130f, CATÉGORIE BOIS DE SCIAGE.

MOYENNE POUR LES TRONÇONS N^os 1, 2, 3.

Propriétés	Valeurs chiffrées	Interprétations
A. — **Anatomiques**		
ÉPAISSEUR DES CERNES ANNUELS ..	2,8 mm	Forte
PROPORTION DE BOIS D'ÉTÉ	19,99 %	Faible à moyenne
B. — **Physiques**		
DURETÉ N, à 15% d'humidité	1,040	Bois tendre à très tendre
DENSITÉ D, à 15% d'humidité	0,444	Bois léger
HYGROSCOPICITÉ A L'AIR *d*, ou correction de la densité pour une variation de 1% d'humidité	0,0022	Faible
POINT DE SATURATION A L'AIR S ..	30,57 %	Normal
RETRAIT TOTAL B	15,38 %	Moyen à fort
COEFFICIENTS DE RÉTRACTIBILITÉ .		
axiale a	0,026 %	
radiale r	0,144 %	
tangentielle t	0,336 %	
volumétrique v	0,506 %	Bois moyennement nerveux
C. — **Mécaniques** à 15% d'humidité		
COTE DE DURETÉ $\frac{N}{D^2}$	5,29	Faible
RÉSISTANCE PAR CM² A LA COMPRESSION C	364,40 kg	Moyenne
TENUE A L'HUMIDITÉ *c*	3,53 %	Normale
COTE STATIQUE $\frac{C}{100\ D}$	8,22	Moyenne
COTE SPÉCIFIQUE $\frac{C}{100\ D^2}$	18,53	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA FLEXION F	906 kg	Inférieure
TENUE A L'HUMIDITÉ c^1	3,26 %	Médiocre
COTE DE FLEXION $\frac{F}{100\ D}$	20,34	Forte
COTE DE TÉNACITÉ $\frac{F}{C}$	2,48	Bois moyennement tenace
COTE DE RAIDEUR $\frac{L}{f}$	28,35	Bois élastique
COEFFICIENT DE RÉSILIENCE k ...	0,24	Bois moyennement résilient
COTE DYNAMIQUE $\frac{k}{D^2}$	1,25	Élevée
RÉSISTANCE PAR CM² A LA TRACTION	17,60 kg	Bois moyennement adhérent
COTE D'ADHÉRENCE $\frac{\text{Trac.}}{100\ D}$	0,40	
RÉSISTANCE PAR CM AU FENDAGE .	8,31 kg	Bois très fissile
COTE DE FENDAGE $\frac{\text{Fend.}}{100\ D}$	0,19	

TABLEAU XXXIII. — BASTOGNE (FREYR), CATÉGORIE BOIS DE MINE.

Tronçon N° 1.

Propriétés	Valeurs chiffrées			Interprétations
	Centre	Extérieur	Moyenne	
A. — Anatomiques				
ÉPAISSEUR DES CERNES ANNUELS ..	3,4 mm	1,6 mm	2,1 mm	Moyenne
PROPORTION DE BOIS D'ÉTÉ	19,24 %	27,34 %	25,02 %	Moyenne
B. — Physiques				
DURETÉ N, à 15% d'humidité	1,652	1,387	1,463	Bois tendre
DENSITÉ D, à 15% d'humidité	0,442	0,474	0,465	Bois léger
HYGROSCOPICITÉ A L'AIR *d*, ou correction de la densité pour une variation de 1% d'humidité	0,0026	0,0025	0,0026	Normale
POINT DE SATURATION A L'AIR S ..	35,29 %	32,80 %	33,27 %	Normal
RETRAIT TOTAL B	14,33 %	15,12 %	14,84 %	Moyen à fort
COEFFICIENTS DE RÉTRACTIBILITÉ .				
axiale a	0,022 %	0,023 %	0,023 %	
radiale r	0,117 %	0,132 %	0,128 %	
tangentielle t	0,267 %	0,306 %	0,295 %	
volumétrique v	0,406 %	0,461 %	0,446 %	Bois moyennement nerveux
C. — Mécaniques à 15% d'humidité				
COTE DE DURETÉ $\frac{N}{D^2}$	8,46	6,17	6,77	Normale
RÉSISTANCE PAR CM² A LA COMPRESSION C	322,35 kg	345,74 kg	339,06 kg	Inférieure
TENUE A L'HUMIDITÉ *c*	4,62 %	4,38 %	4,44 %	Normale
COTE STATIQUE $\frac{C}{100\ D}$	7,29	7,29	7,29	Inférieure
COTE SPÉCIFIQUE $\frac{C}{100\ D^2}$	16,50	15,39	15,68	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA FLEXION F	734 kg	872 kg	829 kg	Inférieure
TENUE A L'HUMIDITÉ c^1	3,06 %	4,60 %	4,18 %	Mauvaise
COTE DE FLEXION $\frac{F}{100\ D}$	16,61	18,40	17,83	Moyenne
COTE DE TÉNACITÉ $\frac{F}{C}$	2,28	2,52	2,44	Bois moyennement tenace
COTE DE RAIDEUR $\frac{L}{f}$	21,72	24,02	23,25	Bois élastique
COEFFICIENT DE RÉSILIENCE k	0,15	0,19	0,17	Bois fragile
COTE DYNAMIQUE $\frac{k}{D^2}$	0,75	0,84	0,80	Moyenne à faible
RÉSISTANCE PAR CM² A LA TRACTION	18,72 kg	18,35 kg	18,46 kg	Bois moyennement adhérent
COTE D'ADHÉRENCE $\frac{\text{Trac.}}{100\ D}$	0,42	0,39	0,40	
RÉSISTANCE PAR CM AU FENDAGE .	8,81 kg	8,89 kg	8,87 kg	Bois très fissile
COTE DE FENDAGE $\frac{\text{Fend.}}{100\ D}$	0,20	0,19	0,19	

TABLEAU XXXIV. — BASTOGNE (FREYR), CATÉGORIE BOIS DE MINE.

TRONÇON N° 2.

Propriétés	Valeurs chiffrées			Interprétations
	Centre	Extérieur	Moyenne	
A. — Anatomiques				
ÉPAISSEUR DES CERNES ANNUELS	4,4 mm	3,3 mm	3,6 mm	Forte
PROPORTION DE BOIS D'ÉTÉ	10,58 %	15,21 %	13,89 %	Faible
B. — Physiques				
DURETÉ N, à 15% d'humidité	0,496	0,577	0,533	Bois très tendre
DENSITÉ D, à 15% d'humidité	0,366	0,385	0,379	Bois très léger
HYGROSCOPICITÉ A L'AIR *d*, ou correction de la densité pour une variation de 1% d'humidité	0,0025	0,0025	0,0025	Normale
POINT DE SATURATION A L'AIR S	27,26 %	32,08 %	30,69 %	Normal
RETRAIT TOTAL B	8,75 %	10,81 %	10,22 %	Moyen à faible
COEFFICIENTS DE RÉTRACTIBILITÉ :				
axiale a	0,023 %	0,025 %	0,025 %	
radiale r	0,075 %	0,076 %	0,076 %	
tangentielle t	0,223 %	0,236 %	0,232 %	
volumétrique v	0,321 %	0,337 %	0,333 %	Bois peu nerveux
C. — Mécaniques à 15% d'humidité				
COTE DE DURETÉ $\frac{N}{D^2}$	3,70	3,89	3,71	Faible
RÉSISTANCE PAR CM² A LA COMPRESSION C	214,85 kg	253,22 kg	242,26 kg	Inférieure
TENUE A L'HUMIDITÉ *c*	7,00 %	6,26 %	6,45 %	Mauvaise
COTE STATIQUE $\frac{C}{100\ D}$	5,87	6,58	6,39	Inférieure
COTE SPÉCIFIQUE $\frac{C}{100\ D^2}$	16,04	17,08	16,86	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA FLEXION F	556 kg	567 kg	564 kg	Inférieure
TENUE A L'HUMIDITÉ c^1	10,58 %	2,61 %	4,86 %	Mauvaise
COTE DE FLEXION $\frac{F}{100\ D}$	15,19	14,73	14,88	Faible à moyenne
COTE DE TÉNACITÉ $\frac{F}{C}$	2,59	2,24	2,33	Bois moyennement tenace
COTE DE RAIDEUR $\frac{L}{f}$	26,37	23,17	24,00	Bois élastique
COEFFICIENT DE RÉSILIENCE k	0,18	0,16	0,17	Bois fragile
COTE DYNAMIQUE $\frac{k}{D^2}$	1,34	1,09	1,18	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA TRACTION	14,76 kg	15,54 kg	15,32 kg	Bois moyennement adhérent
COTE D'ADHÉRENCE $\frac{Trac.}{100\ D}$	0,40	0,40	0,40	
RÉSISTANCE PAR CM AU FENDAGE	9,52 kg	8,37 kg	8,70 kg	Bois moyennement fissile à fissile
COTE DE FENDAGE $\frac{Fend.}{100\ D}$	0,26	0,22	0,23	

TABLEAU XXXV. — BASTOGNE (FREYR), CATÉGORIE BOIS DE MINE.

Tronçon N° 3.

Propriétés	Valeurs chiffrées			Interprétations
	Centre	Extérieur	Moyenne	
A. — Anatomiques				
ÉPAISSEUR DES CERNES ANNUELS	4,2 mm	1,9 mm	2,5 mm	Moyenne
PROPORTION DE BOIS D'ÉTÉ	14,39 %	23,91 %	21,53 %	Moyenne
B. — Physiques				
DURETÉ N, à 15% d'humidité	0,851	0,942	0,919	Bois très tendre à tendre
DENSITÉ D, à 15% d'humidité	0,431	0,444	0,441	Bois léger
HYGROSCOPICITÉ A L'AIR *d*, ou correction de la densité pour une variation de 1% d'humidité	0,0025	0,0025	0,0025	Normale
POINT DE SATURATION A L'AIR S	36,06 %	34,06 %	34,49 %	Normal
RETRAIT TOTAL B	15,11 %	14,92 %	14,97 %	Moyen à fort
COEFFICIENTS DE RÉTRACTIBILITÉ :				
axiale a	0,021	0,022	0,022	
radiale r	0,120	0,122	0,122	
tangentielle t	0,278	0,294	0,290	
volumétrique v	0,419	0,438	0,434	Bois moyennement nerveux
C. — Mécaniques à 15% d'humidité				
COTE DE DURETÉ $\frac{N}{D^2}$	4,58	4,78	4,72	Faible
RÉSISTANCE PAR CM² A LA COMPRESSION C	265,10 kg	309,23 kg	298,20 kg	Inférieure
TENUE A L'HUMIDITÉ *c*	5,62 %	6,70 %	6,46 %	Mauvaise
COTE STATIQUE $\frac{C}{100\ D}$	6,15	6,96	6,76	Inférieure
COTE SPÉCIFIQUE $\frac{C}{100\ D^2}$	14,27	15,69	15,33	Moyenne à inférieure
RÉSISTANCE PAR CM² A LA FLEXION F	592 kg	785 kg	741 kg	Inférieure
TENUE A L'HUMILITÉ c^1	9,04 %	5,98 %	6,54 %	Mauvaise
COTE DE FLEXION $\frac{F}{100\ D}$	13,73	17,68	16,80	Moyenne
COTE DE TÉNACITÉ $\frac{F}{C}$	2,23	2,54	2,48	Bois moyennement tenace
COTE DE RAIDEUR $\frac{L}{f}$	26,06	24,39	24,74	Bois élastique
COEFFICIENT DE RÉSILIENCE k	0,14	0,18	0,17	Bois fragile
COTE DYNAMIQUE $\frac{k}{D^2}$	0,74	0,89	0,86	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA TRACTION	19,13 kg	15,31 kg	16,30 kg	Bois moyennement adhérent
COTE D'ADHÉRENCE $\frac{\text{Trac.}}{100\ D}$	0,44	0,34	0,37	
RÉSISTANCE PAR CM AU FENDAGE	10,45 kg	8,56 kg	9,03 kg	Bois fissile
COTE DE FENDAGE $\frac{\text{Fend.}}{100\ D}$	0,24	0,19	0,20	

TABLEAU XXXVI. — BASTOGNE (FREYR), CATÉGORIE BOIS DE MINE.

MOYENNE POUR LES TRONÇONS N^os 1, 2, 3.

Propriétés	Valeurs chiffrées	Interprétations
A. — Anatomiques		
ÉPAISSEUR DES CERNES ANNUELS	2,7 mm	Forte
PROPORTION DE BOIS D'ÉTÉ	20,15 %	Moyenne à faible
B. — Physiques		
DURETÉ N, à 15% d'humidité	0,972	Bois très tendre à tendre
DENSITÉ D, à 15% d'humidité	0,428	Bois léger
HYGROSCOPICITÉ A L'AIR *d*, ou correction de la densité pour une variation de 1% d'humidité	0,0025	Normale
POINT DE SATURATION A L'AIR S	32,82 %	Normal
RETRAIT TOTAL B	13,34 %	Moyen
COEFFICIENTS DE RÉTRACTIBILITÉ		
axiale a	0,023 %	
radiale r	0,109 %	
tangentielle t	0,272 %	
volumétrique v	0,404 %	Bois moyennement nerveux
C. — Mécaniques à 15% d'humidité		
COTE DE DURETÉ $\frac{N}{D^2}$	5,07	Faible
RÉSISTANCE PAR CM² A LA COMPRESSION C	293,17 kg	Inférieure
TENUE A L'HUMIDITÉ *c*	5,78 %	Médiocre
COTE STATIQUE $\frac{C}{100\ D}$	6,81	Inférieure
COTE SPÉCIFIQUE $\frac{C}{100\ D^2}$	15,96	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA FLEXION F	711 kg	Inférieure
TENUE A L'HUMIDITÉ c^1	5,19 %	Mauvaise
COTE DE FLEXION $\frac{F}{100\ D}$	16,50	Moyenne
COTE DE TÉNACITÉ $\frac{F}{C}$	2,42	Bois moyennement tenace
COTE DE RAIDEUR $\frac{L}{f}$	24,00	Bois élastique
COEFFICIENT DE RÉSILIENCE k	0,17	Bois fragile
COTE DYNAMIQUE $\frac{k}{D^2}$	0,95	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA TRACTION	16,69 kg	Bois moyennement adhérent
COTE D'ADHÉRENCE $\frac{Trac.}{100\ D}$	0,39	
RÉSISTANCE PAR CM AU FENDAGE	8,87 kg	Bois moyennement fissile à fissile
COTE DE FENDAGE $\frac{Fend.}{100\ D}$	0,21	

TABLEAU XXXVII. — BASTOGNE (FREYR), CATÉGORIE BOIS DE SCIAGE.

TRONÇON N° 1.

Propriétés	Valeurs chiffrées			Interprétations
	Centre	Extérieur	Moyenne	
A. — Anatomiques				
ÉPAISSEUR DES CERNES ANNUELS ..	5,5 mm	3,2 mm	3,6 mm	Forte
PROPORTION DE BOIS D'ÉTÉ	9,86 %	16,32 %	15,18 %	Faible
B. — Physiques				
DURETÉ N, à 15% d'humidité	0,735	0,839	0,821	Bois très tendre
DENSITÉ D, à 15% d'humidité	0,405	0,452	0,444	Bois léger
HYGROSCOPICITÉ A L'AIR *d*, ou correction de la densité pour une variation de 1% d'humidité	0,0022	0,0022	0,0022	Faible
POINT DE SATURATION A L'AIR S ..	27,60 %	26,86 %	26,98 %	Normal
RETRAIT TOTAL B	12,67 %	13,62 %	13,33 %	Moyen
COEFFICIENTS DE RÉTRACTIBILITÉ .				
axiale a	0,018 %	0,019 %	0,019 %	
radiale r	0,107 %	0,153 %	0,145 %	
tangentielle t	0,334 %	0,335 %	0,335 %	
volumétrique v	0,459 %	0,507 %	0,499 %	Bois moyennement nerveux
C. — Mécaniques à 15% d'humidité				
COTE DE DURETÉ $\frac{N}{D^2}$	4,48	4,11	4,16	Faible
RÉSISTANCE PAR CM² A LA COMPRESSION C	268,50 kg	319,73 kg	310,69 kg	Inférieure
TENUE A L'HUMIDITÉ *c*	4,13 %	4,08 %	4,09 %	Normale
COTE STATIQUE $\frac{C}{100\ D}$	6,63	7,07	7,00	Inférieure
COTE SPÉCIFIQUE $\frac{C}{100\ D^2}$	16,37	15,65	15,76	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA FLEXION F	680 kg	802 kg	783 kg	Inférieure
TENUE A L'HUMIDITÉ c^1	3,96 %	3,47 %	3,54 %	Médiocre
COTE DE FLEXION $\frac{F}{100\ D}$	16,79	17,74	17,63	Moyenne
COTE DE TÉNACITÉ $\frac{F}{C}$	2,53	2,51	2,52	Bois moyennement tenace
COTE DE RAIDEUR $\frac{L}{f}$	22,18	21,20	21,35	Bois élastique
COEFFICIENT DE RÉSILIENCE k ...	0,14	0,20	0,19	Bois fragile
COTE DYNAMIQUE $\frac{k}{D^2}$	0,83	0,97	0,96	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA TRACTION	18,99 kg	18,56 kg	18,65 kg	Bois moyennement adhérent
COTE D'ADHÉRENCE $\frac{Trac.}{100\ D}$	0,47	0,41	0,42	
RÉSISTANCE PAR CM AU FENDAGE .	10,03 kg	10,44 kg	10,37 kg	Bois moyennement fissile à fissile
COTE DE FENDAGE $\frac{Fend.}{100\ D}$	0,25	0,23	0,23	

TABLEAU XXXVIII. — BASTOGNE (FREYR), CATÉGORIE BOIS DE SCIAGE.

TRONÇON N° 2.

Propriétés	Valeurs chiffrées			Interprétations
	Centre	Extérieur	Moyenne	
A. — Anatomiques				
ÉPAISSEUR DES CERNES ANNUELS	4,4 mm	2,9 mm	3,3 mm	Forte
PROPORTION DE BOIS D'ÉTÉ	11,66 %	17,94 %	16,37 %	Faible
B. — Physiques				
DURETÉ N, à 15% d'humidité	0,776	0,768	0,770	Bois très tendre
DENSITÉ D, à 15% d'humidité	0,429	0,435	0,433	Bois léger
HYGROSCOPICITÉ A L'AIR *d*, ou correction de la densité pour une variation de 1% d'humidité	0,0025	0,0025	0,0025	Normale
POINT DE SATURATION A L'AIR S	30,25 %	29,81 %	29,64 %	Normal
RETRAIT TOTAL B	12,13 %	12,76 %	12,51 %	Moyen
COEFFICIENTS DE RÉTRACTIBILITÉ :				
axiale a	0,023 %	0,026 %	0,026 %	
radiale r	0,109 %	0,114 %	0,113 %	
tangentielle t	0,269 %	0,288 %	0,283 %	
volumétrique v	0,401 %	0,428 %	0,422 %	Bois moyennement nerveux
C. — Mécaniques à 15% d'humidité				
COTE DE DURETÉ $\frac{N}{D^2}$	4,22	4,06	4,11	Faible
RÉSISTANCE PAR CM² A LA COMPRESSION C	278,84 kg	316,47 kg	307,06 kg	Inférieure
TENUE A L'HUMIDITÉ c	5,04 %	5,60 %	5,47 %	Médiocre
COTE STATIQUE $\frac{C}{100\ D}$	6,50	7,27	7,09	Inférieure
COTE SPÉCIFIQUE $\frac{C}{100\ D^2}$	15,15	16,72	16,38	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA FLEXION F	612 kg	719 kg	698 kg	Inférieure
TENUE A L'HUMIDITÉ c^1	4,13 %	4,21 %	4,19 %	Mauvaise
COTE DE FLEXION $\frac{F}{100\ D}$	14,27	16,53	16,12	Moyenne
COTE DE TÉNACITÉ $\frac{F}{C}$	2,19	2,27	2,27	Bois moyennement tenace
COTE DE RAIDEUR $\frac{L}{f}$	15,94	23,79	21,66	Bois élastique
COEFFICIENT DE RÉSILIENCE k	0,11	0,15	0,14	Bois fragile
COTE DYNAMIQUE $\frac{k}{D^2}$	0,61	0,81	0,77	Faible
RÉSISTANCE PAR CM² A LA TRACTION	15,71 kg	15,39 kg	15,47 kg	Bois moyennement adhérent
COTE D'ADHÉRENCE $\frac{\text{Trac.}}{100\ D}$	0,37	0,35	0,36	
RÉSISTANCE PAR CM AU FENDAGE	9,36 kg	8,94 kg	9,04 kg	Bois moyennement fissile à fissile
COTE DE FENDAGE $\frac{\text{Fend.}}{100\ D}$	0,22	0,20	0,21	

TABLEAU XXXIX. — BASTOGNE (FREYR), CATÉGORIE BOIS DE SCIAGE.

TRONÇON N° 3.

Propriétés	Valeurs chiffrées			Interprétations
	Centre	Extérieur	Moyenne	
A. — Anatomiques				
ÉPAISSEUR DES CERNES ANNUELS ..	4,9 mm	2,6 mm	3,0 mm	Forte
PROPORTION DE BOIS D'ÉTÉ	9,95 %	17,48 %	15,71 %	Faible
B. — Physiques				
DURETÉ N, à 15% d'humidité	0,885	0,973	0,956	Bois très tendre à tendre
DENSITÉ D, à 15% d'humidité	0,400	0,425	0,420	Bois léger
HYGROSCOPICITÉ A L'AIR *d*, ou correction de la densité pour une variation de 1% d'humidité	0,0023	0,0022	0,0022	Faible
POINT DE SATURATION A L'AIR S ..	28,75 %	30,36 %	29,47 %	Normal
RETRAIT TOTAL B	12,42 %	14,42 %	13,79 %	Moyen
COEFFICIENTS DE RÉTRACTIBILITÉ .				
axiale a	0,026 %	0,026 %	0,026 %	
radiale r	0,115 %	0,127 %	0,125 %	
tangentielle t	0,291 %	0,322 %	0,317 %	
volumétrique v	0,432 %	0,475 %	0,468 %	Bois moyennement nerveux
C. — Mécaniques à 15% d'humidité				
COTE DE DURETÉ $\frac{N}{D^2}$	5,53	5,39	5,42	Faible
RÉSISTANCE PAR CM² A LA COMPRESSION C	228,92 kg	302,59 kg	288,78 kg	Inférieure
TENUE A L'HUMIDITÉ *c*	3,55 %	3,96 %	3,90 %	Normale
COTE STATIQUE $\frac{C}{100\ D}$	5,72	7,12	6,87	Inférieure
COTE SPÉCIFIQUE $\frac{C}{100\ D^2}$	14,31	16,75	16,37	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA FLEXION F	573 kg	692 kg	665 kg	Inférieure
TENUE A L'HUMIDITÉ c^1	4,58 %	1,98 %	2,57 %	Moyenne à médiocre
COTE DE FLEXION $\frac{F}{100\ D}$	14,32	16,28	15,83	Moyenne
COTE DE TÉNACITÉ $\frac{F}{C}$	2,50	2,29	2,30	Bois moyennement tenace
COTE DE RAIDEUR $\frac{L}{f}$	17,11	28,10	24,51	Bois élastique
COEFFICIENT DE RÉSILIENCE k	0,19	0,22	0,22	Bois moyennement résilient
COTE DYNAMIQUE $\frac{k}{D^2}$	1,16	1,24	1,23	Élevée
RÉSISTANCE PAR CM² A LA TRACTION	14,71 kg	14,78 kg	14,77 kg	Bois moyennement à peu adhérent
COTE D'ADHÉRENCE $\frac{Trac.}{100\ D}$	0,37	0,35	0,35	
RÉSISTANCE PAR CM AU FENDAGE .	10,15 kg	9,21 kg	9,39 kg	Bois moyennement fissile à fissile
COTE DE FENDAGE $\frac{Fend.}{100\ D}$	0,25	0,22	0,22	

TABLEAU XL. — BASTOGNE (FREYR), CATÉGORIE BOIS DE SCIAGE.

MOYENNE POUR LES TRONÇONS N^os 1, 2, 3.

Propriétés	Valeurs chiffrées	Interprétations
A. — Anatomiques		
ÉPAISSEUR DES CERNES ANNUELS ..	3,3 mm	Forte
PROPORTION DE BOIS D'ÉTÉ	15,75 %	Faible
B. — Physiques		
DURETÉ N, à 15% d'humidité	0,849	Bois très tendre
DENSITÉ D, à 15% d'humidité	0,432	Bois léger
HYGROSCOPICITÉ A L'AIR d, ou correction de la densité pour une variation de 1% d'humidité	0,0023	Normale
POINT DE SATURATION A L'AIR S ..	28,70 %	Normal
RETRAIT TOTAL B	13,21 %	Moyen
COEFFICIENTS DE RÉTRACTIBILITÉ .		
axiale a	0,024 %	
radiale r	0,128 %	
tangentielle t	0,312 %	
volumétrique v	0,464 %	Bois moyennement nerveux
C. — Mécaniques à 15% d'humidité		
COTE DE DURETÉ $\frac{N}{D^2}$	4,56	Faible
RÉSISTANCE PAR CM² A LA COMPRESSION C	302,18 kg	Inférieure
TENUE A L'HUMIDITÉ c	4,49	Normale
COTE STATIQUE $\frac{C}{100\ D}$	6,99	Inférieure
COTE SPÉCIFIQUE $\frac{C}{100\ D^2}$	16,17	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA FLEXION F	715 kg	Inférieure
TENUE A L'HUMIDITÉ c^1	3,43 %	Médiocre
COTE DE FLEXION $\frac{F}{100\ D}$	16,53	Moyenne
COTE DE TÉNACITÉ $\frac{F}{C}$	2,36	Bois moyennement tenace
COTE DE RAIDEUR $\frac{L}{f}$	22,51	Bois élastique
COEFFICIENT DE RÉSILIENCE k ...	0,18	Bois fragile
COTE DYNAMIQUE $\frac{k}{D^2}$	0,99	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA TRACTION	16,30 kg	Bois moyennement adhérent
COTE D'ADHÉRENCE $\frac{\text{Trac.}}{100\ D}$	0,38	
RÉSISTANCE PAR CM AU FENDAGE .	9,60 kg	Bois moyennement fissile à fissile
COTE DE FENDAGE $\frac{\text{Fend.}}{100\ D}$	0,22	

TABLEAU XLI. — SAINT-HUBERT, CATÉGORIE BOIS DE MINE.

TRONÇON N° 1.

Propriétés	Valeurs chiffrées			Interprétations
	Centre	Extérieur	Moyenne	
A. — Anatomiques				
ÉPAISSEUR DES CERNES ANNUELS ..	3,8 mm	1,4 mm	2,3 mm	Moyenne
PROPORTION DE BOIS D'ÉTÉ	11,48 %	23,89 %	19,38 %	Faible à moyenne
B. — Physiques				
DURETÉ N, à 15% d'humidité	1,017	1,090	1,063	Bois tendre à très tendre
DENSITÉ D, à 15% d'humidité	0,421	0,462	0,447	Bois léger
HYGROSCOPICITÉ A L'AIR *d*, ou correction de la densité pour une variation de 1% d'humidité	0,0021	0,0022	0,0020	Faible
POINT DE SATURATION A L'AIR S ..	25,96 %	31,46 %	29,44 %	Normal
RETRAIT TOTAL B	13,11 %	16,33 %	15,16 %	Moyen à fort
COEFFICIENTS DE RÉTRACTIBILITÉ .				
axiale a	0,022 %	0,023 %	0,023 %	
radiale r	0,152 %	0,163 %	0,159 %	
tangentielle t	0,331 %	0,333 %	0,333 %	
volumétrique v	0,505 %	0,519 %	0,515 %	Bois moyennement nerveux
C. — Mécaniques à 15% d'humidité				
COTE DE DURETÉ $\frac{N}{D^2}$	5,74	5,11	5,32	Faible
RÉSISTANCE PAR CM² A LA COMPRESSION C	324,61 kg	383,31 kg	361,96 kg	Moyenne
TENUE A L'HUMIDITÉ *c*	4,54 %	4,81 %	4,56 %	Moyenne à médiocre
COTE STATIQUE $\frac{C}{100\ D}$	7,71	8,30	8,10	Moyenne
COTE SPÉCIFIQUE $\frac{C}{100\ D^2}$	18,31	17,96	18,11	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA FLEXION F	734 kg	937 kg	866 kg	Inférieure
TENUE A L'HUMIDITÉ c^1	3,32 %	4,06 %	3,84 %	Médiocre
COTE DE FLEXION $\frac{F}{100\ D}$	17,43	20,28	19,37	Moyenne à forte
COTE DE TÉNACITÉ $\frac{F}{C}$	2,26	2,44	2,39	Bois moyennement tenace
COTE DE RAIDEUR $\frac{L}{f}$	30,11	25,42	26,90	Bois élastique
COEFFICIENT DE RÉSILIENCE k ..	0,24	0,28	0,27	Bois moyennement résilient
COTE DYNAMIQUE $\frac{k}{D^2}$	1,35	1,30	1,33	Élevée
RÉSISTANCE PAR CM² A LA TRACTION	18,29 kg	13,31 kg	15,05 kg	Bois moyennement à peu adhérent
COTE D'ADHÉRENCE $\frac{Trac.}{100\ D}$	0,43	0,29	0,34	
RÉSISTANCE PAR CM AU FENDAGE .	7,50 kg	5,87 kg	6,46 kg	Bois très fissile
COTE DE FENDAGE $\frac{Fend.}{100\ D}$	0,18	0,13	0,14	

TABLEAU XLII. — SAINT-HUBERT, CATÉGORIE BOIS DE MINE.

TRONÇON N° 2.

Propriétés	Valeurs chiffrées			Interprétations
	Centre	Extérieur	Moyenne	
A. — Anatomiques				
ÉPAISSEUR DES CERNES ANNUELS ..	4,0 mm	1,7 mm	2,5 mm	Moyenne
PROPORTION DE BOIS D'ÉTÉ	11,67 %	23,09 %	19,28 %	Faible à moyenne
B. — Physiques				
DURETÉ N, à 15% d'humidité	0,626	0,908	0,814	Bois très tendre
DENSITÉ D, à 15% d'humidité	0,430	0,488	0,469	Bois léger
HYGROSCOPICITÉ A L'AIR d, ou correction de la densité pour une variation de 1% d'humidité	0,0022	0,0021	0,0021	Faible
POINT DE SATURATION A L'AIR S ..	29,11 %	30,10 %	29,76 %	Normal
RETRAIT TOTAL B	14,12 %	17,22 %	16,19 %	Fort
COEFFICIENTS DE RÉTRACTIBILITÉ .				
axiale a	0,022 %	0,022 %	0,022 %	
radiale r	0,164 %	0,193 %	0,184 %	
tangentielle t	0,299 %	0,357 %	0,338 %	
volumétrique v	0,485 %	0,572 %	0,544 %	Bois moyennement nerveux à nerv.
C. — Mécaniques à 15% d'humidité				
COTE DE DURETÉ $\frac{N}{D^2}$	3,38	3,81	3,70	Faible
RÉSISTANCE PAR CM² A LA COMPRESSION C	339,28 kg	403,79 kg	382,29 kg	Moyenne
TENUE A L'HUMIDITÉ c	2,25 %	3,83 %	3,36 %	Bonne à moyenne
COTE STATIQUE $\frac{C}{100\ D}$	7,89	8,27	8,15	Moyenne
COTE SPÉCIFIQUE $\frac{C}{100\ D^2}$	18,35	16,96	17,38	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA FLEXION F	774 kg	1.059 kg	964 kg	Moyenne
TENUE A L'HUMIDITÉ c^1	7,15 %	8,94 %	8,47 %	Mauvaise
COTE DE FLEXION $\frac{F}{100\ D}$	18,00	21,70	20,55	Forte
COTE DE TÉNACITÉ $\frac{F}{C}$	2,28	2,62	2,52	Bois moyennement tenace
COTE DE RAIDEUR $\frac{L}{f}$	25,59	24,69	24,97	Bois élastique
COEFFICIENT DE RÉSILIENCE k ...	0,17	0,29	0,25	Bois moyennement résilient
COTE DYNAMIQUE $\frac{k}{D^2}$	0,91	1,22	1,13	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA TRACTION	19,08 kg	12,08 kg	14,62 kg	Bois moyennement à peu adhérent
COTE D'ADHÉRENCE $\frac{Trac.}{100\ D}$	0,44	0,25	0,31	
RÉSISTANCE PAR CM AU FENDAGE .	7,72 kg	5,40 kg	6,17 kg	Bois très fissile
COTE DE FENDAGE $\frac{Fend.}{100\ D}$	0,18	0,11	0,13	

TABLEAU XLIII. — SAINT-HUBERT, CATÉGORIE BOIS DE MINE.

TRONÇON N° 3.

Propriétés	Valeurs chiffrées			Interprétations
	Centre	Extérieur	Moyenne	
A. — Anatomiques				
ÉPAISSEUR DES CERNES ANNUELS ..	2,5 mm	1,3 mm	1,6 mm	Moyenne à faible
PROPORTION DE BOIS D'ÉTÉ	16,97 %	26,91 %	23,90 %	Moyenne
B. — Physiques				
DURETÉ N, à 15% d'humidité	1,197	1,395	1,345	Bois tendre
DENSITÉ D, à 15% d'humidité	0,480	0,532	0,519	Bois léger à mi-lourd
HYGROSCOPICITÉ A L'AIR *d*, ou correction de la densité pour une variation de 1% d'humidité	0,0025	0,0023	0,0023	Normale
POINT DE SATURATION A L'AIR S ..	29,49 %	30,61 %	30,29 %	Normal
RETRAIT TOTAL B	13,98 %	17,48 %	16,60 %	Fort
COEFFICIENTS DE RÉTRACTIBILITÉ .				
axiale a	0,021 %	0,018 %	0,019 %	
radiale r	0,148 %	0,193 %	0,182 %	
tangentielle t	0,305 %	0,360 %	0,347 %	
volumétrique v	0,474 %	0,571 %	0,548 %	Bois moyennement nerveux à nerv.
C. — Mécaniques à 15% d'humidité				
COTE DE DURETÉ $\frac{N}{D^2}$	5,19	4,93	4,99	Faible
RÉSISTANCE PAR CM² A LA COMPRESSION C	408,71 kg	477,41 kg	460,23 kg	Supérieure
TENUE A L'HUMIDITÉ *c*	4,69 %	5,66 %	5,45 %	Médiocre
COTE STATIQUE $\frac{C}{100\ D}$	8,51	8,97	8,86	Moyenne
COTE SPÉCIFIQUE $\frac{C}{100\ D^2}$	17,74	16,87	17,08	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA FLEXION F	947 kg	1.133 kg	1.099 kg	Moyenne
TENUE A L'HUMIDITÉ c^1	4,63 %	4,99 %	4,96 %	Mauvaise
COTE DE FLEXION $\frac{F}{100\ D}$	19,73	21,30	21,06	Forte
COTE DE TÉNACITÉ $\frac{F}{C}$	2,32	2,37	2,37	Bois moyennement tenace
COTE DE RAIDEUR $\frac{L}{f}$	27,06	28,40	28,14	Bois élastique
COEFFICIENT DE RÉSILIENCE k ...	0,20	0,31	0,30	Bois moyennement résilient
COTE DYNAMIQUE $\frac{k}{D^2}$	0,85	1,11	1,10	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA TRACTION	18,76 kg	13,29 kg	14,46 kg	Bois peu adhérent
COTE D'ADHÉRENCE $\frac{Trac.}{100\ D}$	0,39	0,25	0,28	
RÉSISTANCE PAR CM AU FENDAGE .	6,32 kg	7,18 kg	6,96 kg	Bois très fissile
COTE DE FENDAGE $\frac{Fend.}{100\ D}$	0,13	0,13	0,13	

TABLEAU XLIV. — SAINT-HUBERT, CATÉGORIE BOIS DE MINE.

MOYENNE POUR LES TRONÇONS N^os 1, 2, 3.

Propriétés	Valeurs chiffrées	Interprétations
A. — Anatomiques		
ÉPAISSEUR DES CERNES ANNUELS ..	2,1 mm	Moyenne
PROPORTION DE BOIS D'ÉTÉ	20,85 %	Moyenne à faible
B. — Physiques		
DURETÉ N, à 15% d'humidité	1,074	Bois tendre à très tendre
DENSITÉ D, à 15% d'humidité	0,478	Bois léger
HYGROSCOPICITÉ A L'AIR *d*, ou correction de la densité pour une variation de 1% d'humidité	0,0022	Faible
POINT DE SATURATION A L'AIR S ..	29,83 %	Normal
RETRAIT TOTAL B	15,98 %	Fort
COEFFICIENTS DE RÉTRACTIBILITÉ .		
axiale a	0,021 %	
radiale r	0,175 %	
tangentielle t	0,339 %	
volumétrique v	0,535 %	Bois moyennement nerveux
C. — Mécaniques à 15% d'humidité		
COTE DE DURETÉ $\frac{N}{D^2}$	4,67	Faible
RÉSISTANCE PAR CM² A LA COMPRESSION C	401,49 kg	Moyenne
TENUE A L'HUMIDITÉ *c*	4,46 %	Normale
COTE STATIQUE $\frac{C}{100\ D}$	8,48	Moyenne
COTE SPÉCIFIQUE $\frac{C}{100\ D^2}$	18,58	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA FLEXION F	976 kg	Moyenne
TENUE A L'HUMIDITÉ c^1	5,76 %	Mauvaise
COTE DE FLEXION $\frac{F}{100\ D}$	20,33	Forte
COTE DE TÉNACITÉ $\frac{F}{C}$	2,43	Bois moyennement tenace
COTE DE RAIDEUR $\frac{L}{f}$	26,67	Bois élastique
COEFFICIENT DE RÉSILIENCE k ..	0,27	Bois moyennement résilient
COTE DYNAMIQUE $\frac{k}{D^2}$	1,19	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA TRACTION	14,71 kg	Bois moyennement à peu adhérent
COTE D'ADHÉRENCE $\frac{\text{Trac.}}{100\ D}$	0,31	
RÉSISTANCE PAR CM AU FENDAGE .	6,53 kg	Bois très fissile
COTE DE FENDAGE $\frac{\text{Fend.}}{100\ D}$	0,13	

TABLEAU XLV. — SAINT-HUBERT, CATÉGORIE BOIS DE SCIAGE.

TRONÇON N° 1.

Propriétés	Valeurs chiffrées			Interprétations
	Centre	Extérieur	Moyenne	
A. — Anatomiques				
ÉPAISSEUR DES CERNES ANNUELS ..	4,9 mm	2,9 mm	3,4 mm	Forte
PROPORTION DE BOIS D'ÉTÉ	11,28 %	16,25 %	15,00 %	Faible
B. — Physiques				
DURETÉ N, à 15% d'humidité	0,702	1,057	0,968	Bois très tendre à tendre
DENSITÉ D, à 15% d'humidité	0,410	0,435	0,429	Bois léger
HYGROSCOPICITÉ A L'AIR *d*, ou correction de la densité pour une variation de 1% d'humidité	0,0018	0,0018	0,0018	Faible
POINT DE SATURATION A L'AIR S ..	26,36 %	26,84 %	26,74 %	Normal
RETRAIT TOTAL B	14,92 %	15,46 %	15,32 %	Moyen à fort
COEFFICIENTS DE RÉTRACTIBILITÉ .				
axiale a	0,023 %	0,025 %	0,024 %	
radiale r	0,132 %	0,152 %	0,147 %	
tangentielle t	0,411 %	0,399 %	0,402 %	
volumétrique v	0,566 %	0,576 %	0,573 %	Bois nerveux
C. — Mécaniques à 15% d'humidité				
COTE DE DURETÉ $\frac{N}{D^2}$	4,18	5,58	5,26	Faible
RÉSISTANCE PAR CM² A LA COMPRESSION C	305,45 kg	348,98 kg	338,10 kg	Inférieure
TENUE A L'HUMIDITÉ *c*	7,53 %	4,82 %	5,43 %	Médiocre
COTE STATIQUE $\frac{C}{100\ D}$	7,45	8,02	7,88	Inférieure
COTE SPÉCIFIQUE $\frac{C}{100\ D^2}$	18,17	18,44	18,37	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA FLEXION F	734 kg	850 kg	825 kg	Inférieure
TENUE A L'HUMIDITÉ c^1	4,90 %	4,75 %	4,78 %	Mauvaise
COTE DE FLEXION $\frac{F}{100\ D}$	17,90	19,54	19,23	Moyenne à forte
COTE DE TÉNACITÉ $\frac{F}{C}$	2,40	2,44	2,44	Bois moyennement tenace
COTE DE RAIDEUR $\frac{L}{f}$	25,45	27,55	27,06	Bois élastique
COEFFICIENT DE RÉSILIENCE k	0,16	0,22	0,21	Bois moyennement résilient
COTE DYNAMIQUE $\frac{k}{D^2}$	0,95	1,18	1,13	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA TRACTION	17,46 kg	14,85 kg	15,54 kg	Bois moyennement adhérent
COTE D'ADHÉRENCE $\frac{\text{Trac.}}{100\ D}$	0,42	0,34	0,36	
RÉSISTANCE PAR CM AU FENDAGE .	8,56 kg	7,32 kg	7,63 kg	Bois très fissile
COTE DE FENDAGE $\frac{\text{Fend.}}{100\ D}$	0,21	0,17	0,18	

TABLEAU XLVI. — SAINT-HUBERT, CATÉGORIE BOIS DE SCIAGE,

TRONÇON N° 2.

Propriétés	Valeurs chiffrées			Interprétations
	Centre	Extérieur	Moyenne	
A. — Anatomiques				
ÉPAISSEUR DES CERNES ANNUELS ..	7,1 mm	3,7 mm	4,5 mm	Forte
PROPORTION DE BOIS D'ÉTÉ	8,62 %	14,12 %	12,74 %	Faible
B. — Physiques				
DURETÉ N, à 15% d'humidité	0,890	1,008	0,978	Bois très tendre à tendre
DENSITÉ D, à 15% d'humidité	0,411	0,423	0,420	Bois léger
HYGROSCOPICITÉ A L'AIR *d*, ou correction de la densité pour une variation de 1% d'humidité	0,0024	0,0019	0,0022	Faible
POINT DE SATURATION A L'AIR S ..	39,07 %	26,78 %	31,06 %	Normal
RETRAIT TOTAL B	15,90 %	14,62 %	14,94 %	Moyen à fort
COEFFICIENTS DE RÉTRACTIBILITÉ .				
axiale a	0,020 %	0,022 %	0,021 %	
radiale r	0,114 %	0,147 %	0,139 %	
tangentielle t	0,273 %	0,377 %	0,321 %	
volumétrique v	0,407 %	0,546 %	0,481 %	Bois moyennement nerveux
C. — Mécaniques à 15% d'humidité				
COTE DE DURETÉ $\frac{N}{D^2}$	5,27	5,63	5,54	Faible
RÉSISTANCE PAR CM² A LA COMPRESSION C	317,03 kg	361,04 kg	350,04 kg	Moyenne à inférieure
TENUE A L'HUMIDITÉ *c*	4,90 %	5,79 %	5,59 %	Médiocre
COTE STATIQUE $\frac{C}{100\ D}$	7,71	8,53	8,33	Moyenne
COTE SPÉCIFIQUE $\frac{C}{100\ D^2}$	18,77	20,18	19,84	Moyenne à supérieure
RÉSISTANCE PAR CM² A LA FLEXION F	739 kg	852 kg	826 kg	Inférieure
TENUE A L'HUMIDITÉ c^1	3,76 %	4,34 %	4,22 %	Mauvaise
COTE DE FLEXION $\frac{F}{100\ D}$	17,98	20,14	19,67	Moyenne à forte
COTE DE TÉNACITÉ $\frac{F}{C}$	2,33	2,36	2,36	Bois moyennement tenace
COTE DE RAIDEUR $\frac{L}{f}$	31,17	30,73	30,85	Bois moyen à élastique
COEFFICIENT DE RÉSILIENCE k ...	0,17	0,20	0,19	Bois fragile
COTE DYNAMIQUE $\frac{k}{D^2}$	1,01	1,13	1,10	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA TRACTION	18,59 kg	18,33 kg	18,40 kg	Bois moyennement adhérent
COTE D'ADHÉRENCE $\frac{Trac.}{100\ D}$	0,45	0,43	0,44	
RÉSISTANCE PAR CM AU FENDAGE .	9,36 kg	9,05 kg	9,12 kg	Bois moyennement fissile à fissile
COTE DE FENDAGE $\frac{Fend.}{100\ D}$	0,23	0,21	0,22	

TABLEAU XLVII. — SAINT-HUBERT, CATÉGORIE BOIS DE SCIAGE.

TRONÇON N° 3.

Propriétés	Valeurs chiffrées			Interprétations
	Centre	Extérieur	Moyenne	
A. — Anatomiques				
ÉPAISSEUR DES CERNES ANNUELS ..	5,0 mm	2,5 mm	3,1 mm	Forte
PROPORTION DE BOIS D'ÉTÉ	8,73 %	15,83 %	14,05 %	Faible
B. — Physiques				
DURETÉ N, à 15% d'humidité	0,910	1,204	1,130	Bois tendre
DENSITÉ D, à 15% d'humidité	0,444	0,481	0,472	Bois léger
HYGROSCOPICITÉ A L'AIR *d*, ou correction de la densité pour une variation de 1% d'humidité	0,0023	0,0025	0,0025	Normale
POINT DE SATURATION A L'AIR S ..	29,28 %	35,85 %	34,24 %	Normal
RETRAIT TOTAL B	13,91 %	17,10 %	16,30 %	Fort
COEFFICIENTS DE RÉTRACTIBILITÉ .				
axiale a	0,022 %	0,024 %	0,024 %	
radiale r	0,150 %	0,156 %	0,154 %	
tangentielle t	0,303 %	0,297 %	0,298 %	
volumétrique v	0,475 %	0,477 %	0,476 %	Bois moyennement nerveux
C. — Mécaniques à 15% d'humidité				
COTE DE DURETÉ $\frac{N}{D^2}$	4,62	5,20	5,07	Faible
RÉSISTANCE PAR CM² A LA COMPRESSION C	332,82 kg	386,45 kg	373,04 kg	Moyenne
TENUE A L'HUMIDITÉ *c*	4,52 %	3,96 %	4,08 %	Normale
COTE STATIQUE $\frac{C}{100\ D}$	7,50	8,03	7,90	Inférieure
COTE SPÉCIFIQUE $\frac{C}{100\ D^2}$	16,88	16,70	16,74	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA FLEXION F	791 kg	945 kg	905 kg	Inférieure
TENUE A L'HUMILITÉ c^1	4,90 %	4,14 %	4,32 %	Mauvaise
COTE DE FLEXION $\frac{F}{100\ D}$	17,81	19,65	19,17	Moyenne à forte
COTE DE TÉNACITÉ $\frac{F}{C}$	2,38	2,44	2,43	Bois moyennement tenace
COTE DE RAIDEUR $\frac{L}{f}$	26,40	29,67	28,74	Bois élastique
COEFFICIENT DE RÉSILIENCE k ...	0,20	0,25	0,24	Bois moyennement résilient
COTE DYNAMIQUE $\frac{k}{D^2}$	1,04	1,08	1,08	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA TRACTION	17,18 kg	16,82 kg	17,05 kg	Bois moyennement adhérent
COTE D'ADHÉRENCE $\frac{\text{Trac.}}{100\ D}$	0,40	0,35	0,36	
RÉSISTANCE PAR CM AU FENDAGE .	8,62 kg	7,48 kg	7,75 kg	Bois très fissile
COTE DE FENDAGE $\frac{\text{Fend.}}{100\ D}$	0,19	0,15	0,16	

TABLEAU XLVIII. — SAINT-HUBERT, CATÉGORIE BOIS DE SCIAGE.

MOYENNE POUR LES TRONÇONS N^os 1, 2, 3.

Propriétés	Valeurs chiffrées	Interprétations
A. — Anatomiques		
ÉPAISSEUR DES CERNES ANNUELS ..	3,7 mm	Forte
PROPORTION DE BOIS D'ÉTÉ	13,93 %	Faible
B. — Physiques		
DURETÉ N, à 15% d'humidité	1,025	Bois tendre à très tendre
DENSITÉ D, à 15% d'humidité	0,440	Bois léger
HYGROSCOPICITÉ A L'AIR *d*, ou correction de la densité pour une variation de 1% d'humidité	0,0022	Faible
POINT DE SATURATION A L'AIR S ..	30,68 %	Normal
RETRAIT TOTAL B	15,52 %	Moyen à fort
COEFFICIENTS DE RÉTRACTIBILITÉ .		
axiale a	0,023 %	
radiale r	0,147 %	
tangentielle t	0,340 %	
volumétrique v	0,510 %	Bois moyennement nerveux
C. — Mécaniques à 15% d'humidité		
COTE DE DURETÉ $\frac{N}{D^2}$	5,29	Faible
RÉSISTANCE PAR CM² A LA COMPRESSION C	353,73 kg	Moyenne à inférieure
TENUE A L'HUMIDITÉ *c*	5,03 %	Médiocre
COTE STATIQUE $\frac{C}{100\ D}$	8,04	Moyenne
COTE SPÉCIFIQUE $\frac{C}{100\ D^2}$	18,32	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA FLEXION F	852 kg	Inférieure
TENUE A L'HUMIDITÉ c^1	4,44 %	Mauvaise
COTE DE FLEXION $\frac{F}{100\ D}$	19,36	Moyenne à forte
COTE DE TÉNACITÉ $\frac{F}{C}$	2,41	Bois moyennement tenace
COTE DE RAIDEUR $\frac{L}{f}$	28,82	Bois élastique
COEFFICIENT DE RÉSILIENCE k ...	0,21	Bois moyennement résilient
COTE DYNAMIQUE $\frac{k}{D^2}$	1,10	Moyenne
RÉSISTANCE PAR CM² A LA TRACTION	17,00 kg	Bois moyennement adhérent
COTE D'ADHÉRENCE $\frac{Trac.}{100\ D}$	0,39	
RÉSISTANCE PAR CM AU FENDAGE .	8,17 kg	Bois très fissile
COTE DE FENDAGE $\frac{Fend.}{100\ D}$	0,19	

CHAIRE DE MATHÉMATIQUES

Ajustement d'une équation parabolique à une série chronologique périodiquement lacunaire

par J. TEGHEM

1. Soit un ensemble de n couples d'observations (X, Y). Nous avons rappelé dans une note précédente, [11], deux formules, (1) et (2), permettant le calcul rapide du coefficient de régression de Y en X dans le cas où les valeurs successives de X sont en progression arithmétique de raison 1 (séries chronologiques) (1), et nous les avons généralisées par des formules, (1') et (2'), permettant ce même calcul dans le cas où les n valeurs de X sont, *si l'on choisit* 1 *pour la première*,

$$1, 2, \ldots, h\ ;\ h+2, \ldots 2h+1\ ;\ 2h+3, \ldots\ ;\ (k-1)h+k, \ldots, kh+k-1, \text{ avec } kh = n.$$

(séries chronologiques périodiquement lacunaires) ; dans la formule (1), comme dans la formule (1'), on prend effectivement 1 pour première valeur de X, dans (2) et (2'), on choisit les valeurs pour avoir $\overline{X} = 0$ ($\overline{X}$ = moyenne).

Ces quatre formules, pour lesquelles nous prions le lecteur de se reporter à la note citée, dérivent toutes de la formule générale

$$(3) \qquad b = \frac{\Sigma(X - \overline{X})(Y - \overline{Y})}{\Sigma(X - \overline{X})^2} = \frac{\Sigma XY - \overline{X}\Sigma Y}{\Sigma X^2 - n\overline{X}^2}\ ,$$

et celle-ci n'est elle-même qu'un cas particulier de la suivante (2),

(1) On consultera avec profit, pour une première information sur ce sujet, *Les Méthodes Statistiques Modernes et leur Application à l'Expérimentation Agricole*, Paris, Imprimerie Nationale, 1945. Ce travail a été publié par le Service National des Statistiques du Ministère de l'Économie Nationale et des Finances de la République Française. Il est l'œuvre de M. E. MORICE, Administrateur et Directeur de l'École d'Application du Service National des Statistiques.

(2) Pour les formule (4) à (9), voir, par exemple, KENDALL, M. G., [6], ch. 22, pp. 145 à 149.

$$a_p = \frac{\Delta_p^{(p)}}{\Delta^{(p)}}, \tag{4}$$

où a_p est le coefficient de x^p dans le polynôme de régression de degré p,

$$y = a_0 + a_1 x + \ldots + a_p x^p, \tag{5}$$

où

$$\Delta^{(p)} = \begin{vmatrix} m_0 & m_1 & \ldots & m_p \\ m_1 & m_2 & \ldots & m_{p+1} \\ \cdot & \cdot & \ldots & \cdot \\ m_p & m_{p+1} & \ldots & m_{2p} \end{vmatrix}, \tag{6}$$

avec $m_i = \dfrac{\Sigma X^i}{n}$ $\quad (i = 0, 1, \ldots, 2p)$,

et où $\Delta_p^{(p)}$, enfin, est le déterminant obtenu à partir du déterminant $\Delta^{(p)}$ en y remplaçant les éléments de la dernière colonne respectivement par les moments

$$m_{01} = \frac{1}{n}\Sigma Y,\ m_{11} = \frac{1}{n}\Sigma XY,\ m_{21} = \frac{1}{n}\Sigma X^2 Y, \ldots,\ m_{p1} = \frac{1}{n}\Sigma X^p Y.$$

On a, plus généralement encore,

$$a_j = \frac{\Delta_j^{(p)}}{\Delta^{(p)}} \qquad (j = 0, \ldots, p), \tag{7}$$

où $\Delta_j^{(p)}$ est obtenu à partir du déterminant $\Delta^{(p)}$ en y remplaçant les éléments de la $(j+1)^e$ colonne respectivement par $m_{01}, m_{11}, \ldots, m_{p1}$.

Si l'on fait l'ajustement par

$$y = b_0 P_0 + b_1 P_1 + \ldots + b_p P_p,$$

où

$$P_j = \frac{1}{\Delta^{(j-1)}} \begin{vmatrix} m_0 & m_1 & \ldots & m_j \\ m_1 & m_2 & \ldots & m_{j+1} \\ \cdot & \cdot & \ldots & \cdot \\ m_{j-1} & m_j & \ldots & m_{2j-1} \\ 1 & x & \ldots & x^j \end{vmatrix} \qquad (j = 0, \ldots, p), \tag{8}$$

$\Delta^{(j-1)}$ étant défini en accord avec (6), on a

$$b_j = \frac{\Delta_j^{(j)}}{\Delta^{(j)}} \qquad (j = 0, \ \ldots, \ p), \tag{9}$$

où $\Delta^{(j)}$ et $\Delta_j^{(j)}$ se définissent de la même manière que $\Delta^{(p)}$ et $\Delta_p^{(p)}$. Les P, polynômes de degré j, sont orthogonaux ($\Sigma P_j P_{j'} = 0,\ j \neq j'$). On voit que b_j et P_j sont indépendants de l'ordre p choisi ; c'est ce qui fait l'intérêt de l'utilisation des polynômes orthogonaux P_j, les coefficients et les polynômes obtenus pour l'ajustement d'ordre p servant aussi pour l'ajustement d'ordre $(p+1)$, ce qui n'est pas le cas pour les coefficients a_j de (5).

On a $a_p = b_p$, comme il se doit, puisque le coefficient de x^p dans P_p est 1, et

l'on vérifie facilement que (3) est bien, avec $j = p = 1$, cas particulier de (7) et de (9). De même, les formules

$$a_0 = \overline{Y} - b\overline{X}$$

et

$$b_0 = \overline{Y},$$

qui sont impliquées, dans le cas linéaire, par la forme $y - \overline{Y} = b(x - \overline{X})$ de l'équation de la droite de régression et par $P_1 = x - \overline{X}$, se retrouvent respectivement dans les formules (7) et (9). On a, en effet, d'après celles-ci,

$$a_0 = \frac{\Delta_0^{(1)}}{\Delta^{(1)}} = \frac{\overline{Y}\Sigma X^2 - \overline{X}\Sigma XY}{\Sigma X^2 - n\overline{X}^2} = \overline{Y} + \overline{X}\frac{n\overline{Y}\overline{X} - \Sigma XY}{\Sigma X^2 - n\overline{X}^2} = \overline{Y} - b\overline{X}$$

et

$$b_0 = \frac{\Delta_0^{(0)}}{\Delta^{(0)}} = \frac{Y}{1}.$$

2. La possibilité de remplacer la formule (3), dans le cas des séries chronologiques, périodiquement lacunaires ou non lacunaires, par les formules (1') et (2') ou (1) et (2), d'utilisation plus rapide, résulte simplement de ce qu'on peut, dans ce cas, d'une part, calculer préalablement en fonction simple de k et de h ou de n les sommes $\Sigma X = n\overline{X}$ et ΣX^2, d'autre part, indiquer un algorithme simple pour le calcul de ΣXY. Le problème qui se pose tout naturellement est de savoir dans quelle mesure des considérations semblables peuvent s'appliquer aussi, dans le même cas des séries chronologiques, aux formules plus générales (7) à (9), pour le calcul des coefficients $a_0, \ldots, a_p$ et $b_0, \ldots, b_p = a_p$ et pour la détermination des polynômes $P_0, \ldots, P_p$, lorsque $p > 1$. Vu ces formules et la définition des déterminants qui y figurent, le problème revient principalement à pouvoir, d'une part, calculer préalablement en fonction de k et de h ou de n, les sommes ΣX^i ($i = 1, \ldots, 2p$), d'autre part, simplifier le calcul des sommes $\Sigma X^j Y$ ($j = 0, \ldots, p$).

Il nous suffira de considérer le cas des séries périodiquement lacunaires, qui contient — pour $k = 1$, $h = n$ — celui, bien connu, des séries non lacunaires. Les polynômes P_j, notamment, sont, pour $k = 1$ et $h = n$, les polynômes orthogonaux qui ont été explicités, dans ce dernier cas, par FISHER et Miss ALLAN, à l'aide d'une méthode basée sur le calcul des différences, [2], [3], [6] (1). On pourrait évidemment se servir aussi des polynômes de FISHER et ALLAN dans le cas des séries lacunaires, après avoir préalablement procédé par interpolation ou estimation au remplacement des Y absents ; c'est ce que l'on ferait, par exemple, dans le cas de lacunes, en petit nombre, et réparties irrégulièrement (2), mais nous avons voulu précisément l'éviter ici, en nous basant sur la périodicité des lacunes.

(1) Le problème des séries non lacunaires a été traité également par P. LORENZ, [7] (voir GEBELEIN, [4]).

(2) Un tel problème a été traité précisément par H. O. HARTLEY, dans un exposé, *Fitting Polynomials to series with missing values*, qu'il a fait lors d'une « Week-end Conference » de la Royal Statistical Society, à Cambridge, en septembre 1951. Il remplace les

En ce qui concerne les sommes ΣX^i, rappelons d'abord qu'on a, lorsque i est impair et $\overline{X} = 0$, $\Sigma X^i = 0$. Dans les autres cas, on peut se servir de la relation

$$(10) \qquad (u_m + r)^{i+1} = u_1^{i+1} + \sum_{\lambda=1}^{i+1} \binom{i+1}{\lambda} r^\lambda \sum_{\mu=1}^{m} u_\mu^{i+1-\lambda},$$

valable pour des nombres $u_1, \ldots, u_m$ en progression arithmétique de raison r. Elle permet le calcul de proche en proche des sommes $\sum_{\mu=1}^{m} u_\mu$, $\sum_{\mu=1}^{m} u_\mu^2, \ldots, \sum_{\mu=1}^{m} u_\mu^i, \ldots$ Une première méthode consiste à utiliser (10) pour calculer les sommes ΣX^i par tranches (en nombre égal au nombre de lacunes plus un). C'est ce que nous avons fait pour ΣX et ΣX^2 dans la note précédente. Il vaut mieux cependant tenir compte de ce qu'on a, lorsque la plus petite valeur de X est 1,

$$(11) \qquad \Sigma X^i = S_{kh+k-1,i} - (h+1)^i S_{k-1,i},$$

où

$$S_{m,i} = \sum_{\mu=1}^{m} \mu^i \quad ;$$

chacune des sommes $S_{kh+k-1,i}$ et $S_{k-1,i}$ se calcule elle-même directement par (10), la première avec $m = kh + k - 1$, la seconde avec $m = k - 1$; pour les petites valeurs de i, elles sont d'ailleurs données par des formules classiques [1]. En appliquant cette façon de procéder, on a, par exemple, si 1 est le plus petit X,

$$(12) \quad \Sigma X^2 = \frac{1}{6}[k(h+1)-1]k(h+1)[2k(h+1)-1] - \frac{1}{6}(h+1)^2(k-1)k(2k-1) =$$
$$= \frac{1}{6}k(h+1)[2k^2(h+1)^2 - 3k(h+1) + 1 - (h+1)(2k^2 - 3k + 1)] =$$
$$= \frac{1}{6}k(h+1)[2k^2(h+1)h - h] = \frac{1}{6}k(h+1)h[2k^2(h+1) - 1] ;$$

c'est l'une des deux sommes que nous avons calculées par tranches dans la note précédente. Pour l'autre, ΣX, on a, plus directement encore,

$$(13) \qquad \Sigma X = n\frac{1 + (kh + k - 1)}{2} = \frac{1}{2}k^2h(h+1).$$

Y absents à l'aide d'une technique appropriée (« missing plot technique »), au sujet de laquelle nous attendons de plus amples informations.

Ce renseignement nous a été communiqué tout récemment par notre collègue L. MARTIN. Nous l'en remercions.

Remarque ajoutée pendant l'impression. Un article de H. O. HARTLEY a paru dans Biometrika, vol. 38, pp. 410-413. L'auteur y construit le polynôme de régression pour le schéma *lacunaire* à partir des polynômes de FISHER et ALLAN relatifs au schéma *non lacunaire*.

Il y a lieu de remarquer que les coefficients b_j correspondants ne sont plus, dès lors, invariants par rapport à un changement de l'ordre de la régression. Ils ne peuvent l'être que si on adapte le choix des polynômes au schéma des X.

(1) Signalons, en outre, la formule

$$(S_{m,1})^n = \sum_{l=1}^{\infty} 2^{-n+1} \binom{n}{2l-1} S_{m,2n+1-2l},$$

due à P. A. PIZÁ, [9] et [10], et qui généralise la formule bien connue

$$S_{m,1}^2 = S_{m,3}.$$

Nous avons lu ce renseignement dans [8], p. 625.

Lorsque $\overline{X} = 0$, il n'y a lieu de considérer que les valeurs paires de i et l'on a

$$(14) \qquad \Sigma X^i = \sum_{g=0}^{i} \binom{i}{g} \left(-\frac{k(h+1)}{2}\right)^g \Sigma \left(X + \frac{k(h+1)}{2}\right)^{i-g} =$$

$$= \sum_{g=0}^{i} \binom{i}{g} \left(-\frac{k(h+1)}{2}\right)^g T_{(k,h),i-g} \ ,$$

où $$T_{(k,h),i-g} = S_{kh+k-1,i-g} - (h+1)^{i-g} S_{k-1,i-g} \ .$$

Cette formule découle, avec $\alpha = 0$ et $\beta = -\frac{k(h+1)}{2}$, de la formule classique relative aux moments par rapport à α et par rapport à β,

$$(15) \qquad m_i(\alpha) = \sum_{g=0}^{i} \binom{i}{g} (\beta - \alpha)^g \, m_{i-g}(\beta)$$

(voir, par exemple, KENDALL, M. G., [5], ch. 3, p. 49). L'égalité entre les deuxième et troisième membres de (14) est assurée, grâce à (11), par le fait que le plus petit des nombres $X + \frac{k(h+1)}{2}$ égale 1.

Pour ce qui est des sommes $\Sigma X^j Y$ ($j = 0, \ldots, p$), on peut éviter, moyennant des additions, le calcul des puissances de X et de leur produit par Y.

Supposons d'abord le plus petit X égal à 1 et posons

$$U_1 = \Sigma YX \, , \, U_j = \Sigma Y \sum_{x_1=1}^{X} \sum_{x_2=1}^{x_1} \ldots \sum_{x_j=1}^{x_{j-1}} x_j \ (j = 2, 3, \ldots),$$

où l'on prend $Y = 0$ lorsque X est une lacune ($X = h+1, 2(h+1), \ldots, (k-1)(h+1)$). Ces sommes se calculent très simplement par additions successives. Si nous désignons par $Y^{(1)}$ les Y cumulés à partir du plus grand X (c'est-à-dire $X = kh + k - 1$), par $Y^{(2)}$ les $Y^{(1)}$ cumulés dans le même ordre, ..., par $Y^{(j)}$ la somme des $Y^{(j-1)}$ cumulés dans le même ordre, U_1 est la somme des $Y^{(1)}$, U_2 la somme des $Y^{(2)}$, ..., U_j la somme des $Y^{(j)}$. Or, on a

$$U_j = \Sigma \binom{X+j-1}{j} . \ Y = \Sigma \frac{X(X+1)\ldots(X+j-1)}{j!} Y \ (j = 1,2, \ldots) \ (1) ;$$

les sommes $\Sigma X^j Y$ sont donc des combinaisons linéaires, qu'il est facile de déterminer, des U_g ($g = 1, \ldots, j$) ; on a, par exemple,

---

(1) *Démonstration.* La propriété étant vraie pour $j = 1$, supposons qu'elle le soit, avec $j > 1$, pour $(j-1)$, c'est-à-dire qu'on ait

$$\varphi(x_1) = \sum_{x_2=1}^{x_1} \ldots \sum_{x_j=1}^{x_{j-1}} x_j = \binom{x_1+j-2}{j-1};$$

elle en découle pour j, grâce à la formule bien connue

$$\sum_{x_1=1}^{X} \binom{x_1+j-2}{j-1} = \binom{X+j-1}{j} .$$

$$\Sigma XY = U_1 , \Sigma X^2Y = 2U_2 - U_1 , \Sigma X^3Y = 6U_3 - 6U_2 + U_1 , \ldots ;$$

le coefficient de U_j dans le développement de ΣX^jY est toujours $j!$.

On voit sur le schéma I comment on peut disposer les calculs de détermination des sommes U_g ($g = 1, \ldots, j$).

Ayant $\Sigma X^jY = \Sigma X^{j-j'}X^{j'}Y$, on peut aussi déterminer d'abord les produits $X^{j'}Y$ (où $j' < j$) et n'appliquer qu'ensuite le procédé, sur les $X^{j'}Y$ plutôt que sur les Y.

Cet algorithme pour le calcul des ΣX^jY a été utilisé dans notre note précédente, avec $j = p = 1$.

Lorsque $\overline{X} = 0$, les valeurs de X sont entières lorsque k est pair ou lorsque kh est impair, elles sont fractionnaires (nombre impair de fois $\frac{1}{2}$) lorsque k est impair et h pair.

Dans le premier cas, on peut appliquer l'algorithme donné plus haut, séparément à $\sum_{X>0} X^jY$ et à $\sum_{X<0} (-X)^jY$, et ajouter ou soustraire les résultats obtenus selon que j est pair ou impair. Un algorithme dû au statisticien russe TSCHETWERIKOFF (voir GEBELEIN, [4]) permet cependant d'éviter le calcul séparé des sommes $\sum_{X>0} X^jY$ et $\sum_{X<0} (-X)^jY$; il a été créé pour le cas classique des séries non lacunaires, mais il reste applicable ici pourvu qu'on prenne $Y = 0$ lorsque X est une lacune. Soit.

$$V_j = V_j^{(+)} + (-1)^j V_j^{(-)} ,$$

où

$$V_j^{(+)} = \begin{cases} \sum_{X \geq \frac{1}{2}j} Y \sum_{x_1=1}^{X} \sum_{x_2=1}^{x_1} \ldots \sum_{x_j=1}^{x_{j-1}} x_j & \text{lorsque } j \text{ est pair,} \\ \sum_{X \geq \frac{1}{2}(j+1)} Y \sum_{x_1=1}^{X} \sum_{x_2=1}^{x_1} \ldots \sum_{x_j=1}^{x_{j-1}} x_j & \text{lorsque } j \text{ est impair,} \end{cases}$$

et

$$V_j^{(-)} = \begin{cases} \sum_{X \leq -\frac{1}{2}(j+2)} Y \sum_{x_1=1}^{-X} \sum_{x_2=1}^{x_1} \ldots \sum_{x_j=1}^{x_{j-1}} x_j & \text{lorsque } j \text{ est pair,} \\ \sum_{X \leq -\frac{1}{2}(j+1)} Y \sum_{x_1=1}^{-X} \sum_{x_2=1}^{x_1} \ldots \sum_{x_j=1}^{x_{j-1}} x_j & \text{lorsque } j \text{ est impair.} \end{cases}$$

Ces sommes se calculent par un procédé d'additions successives analogue à celui qui a été donné pour les sommes U_j, mais en ne prenant, comme il est indiqué, ni tous les $X > 0$ dans $V_j^{(+)}$ ni tous les $X < 0$ dans $V_j^{(-)}$. On a [1]

(1) On remarquera que nous utilisons aussi, en les définissant, des symboles $\binom{l}{m}$, avec $l < 0$.

SCHÉMA I.

X	Y	$Y^{(1)}$	$Y^{(2)}$	$Y^{(3)}$	...	$Y^{(j)}$
1	Y_1	$Y_1 + Y_2 + \ldots + Y_{kh+k-1} = \Sigma Y$	$Y_1 + 2Y_2 + \ldots + (kh + h - 1)\,Y_{kh+k-1} = U_1$	$\ldots = U_2$		$\ldots = U_{j-1}$
2	Y_2	.	.	.		.
.	.	.	.	.		.
.	.	.	.	.		.
.	.	.	.	.		.
h	Y_h	.	.	.		.
$h + 1$	0	.	.	.		.
$h + 2$	Y_{h+2}	$Y_{h+2} + Y_{h+3} + \ldots + Y_{kh+k-1}$	.	.		.
.	.	.	.	.		.
.	.	.	.	.		.
.	.	.	.	.		.
$2(h + 1)$	0	.	.	.		.
.	.	.	.	.		.
.	.	.	.	.		.
.	.	.	.	.		.
$kh + k - 2$	Y_{kh+k-2}	$Y_{kh+k-2} + Y_{kh+k-1}$	$Y_{kh+k-2} + 2Y_{kh+k-1}$	$Y_{kh+k-2} + 3Y_{kh+k-1}$		$Y_{kh+k-2} + jY_{kh+k-1}$
$kh + k - 1$	Y_{kh+k-1}	Y_{kh+k-1}	Y_{kh+k-1}	Y_{kh+k-1}		Y_{kh+k-1}
						U_j

$$V_j = \begin{cases} \Sigma \binom{X + \frac{1}{2} j}{j} Y = \Sigma \dfrac{(X - \frac{1}{2} j + 1)(X - \frac{1}{2} j + 2) \ldots (X + \frac{1}{2} j) Y}{j!} \\ \qquad\qquad \text{lorsque } j \text{ est pair,} \\ \Sigma \binom{X + \frac{1}{2} j - \frac{1}{2}}{j} Y = \Sigma \dfrac{(X - \frac{1}{2} j + \frac{1}{2})(X - \frac{1}{2} j + \frac{3}{2}) \ldots (X + \frac{1}{2} j - \frac{1}{2}) Y}{j!} \\ \qquad\qquad \text{lorsque } j \text{ est impair,} \end{cases}$$

de sorte que les sommes $\Sigma X^j Y$ sont des combinaisons linéaires, qu'il est facile de déterminer, des sommes $V_g (g = 1, \ldots, j)$; on a, par exemple,

$$\Sigma XY = V_1,\ \Sigma X^2 Y = 2V_2 - V_1,\ \Sigma X^3 Y = 6\ V_3 + V_1,\ \ldots ;$$

le coefficient de V_j dans le développement de $\Sigma X^j Y$ est toujours $j!$.

On voit sur le schéma II comment on peut disposer les calculs de détermination des sommes $V_g (g = 1, \ldots, j)$.

Ayant $\Sigma X^j Y = \Sigma X^{j-j'} X^{j'} Y$, on peut de nouveau déterminer d'abord les produits $X^{j'} Y$ (où $j' < j$) et n'appliquer qu'ensuite le procédé, sur les $X^{j'} Y$ plutôt que sur les Y.

Enfin, si on détermine toutes les puissances de X, jusqu'à la j^e, c'est-à-dire si on n'utilise pas l'algorithme ci-dessus, on peut diminuer le nombre des multiplications en tenant compte de ce que

$$\Sigma X^j Y = \sum_{X>0} X^j (Y_X + (-1)^j Y_{-X}), \tag{16}$$

où l'indice des Y désigne la valeur correspondante de X ; on calcule donc alors préalablement, pour $X>0$, les sommes $Y_X + Y_{-X}$; on pourrait d'ailleurs appliquer aussi à chacune des sommes $\Sigma \underset{X>0}{X^j (Y_X + (-1)^j Y_{-X})}$, avec $(Y_X + (-1)^j Y_{-X})$ au lieu de Y, la méthode donnée plus haut pour le cas où la plus petite valeur de X est 1.

Enfin, lorsque kh est impair, il y a un X nul et il y a donc lieu de ne pas omettre dans la somme ΣY le terme Y_0.

Dans les conditions ($\overline{X} = 0$, k impair, h pair), c'est-à-dire lorsque les X sont fractionnaires, on peut encore se servir d'un algorithme de TSCHETWERIKOFF (voir GEBELEIN, [4]) ; comme le premier, il reste applicable au cas des séries périodiquement lacunaires, pourvu qu'on prenne $Y = 0$ lorsque X est une lacune. Soit

$$W_j = W_j^{(+)} + (-1)^j W_j^{(-)},$$

où

$$W_j^{(+)} = \begin{cases} \displaystyle\sum_{X \geqq \frac{1}{2}(j+1)} Y \sum_{x_1=1}^{X+\frac{1}{2}} \sum_{x_2=1}^{x_1} \ldots \sum_{x_j=1}^{x_{j-1}} x_j & \text{lorsque } j \text{ est pair,} \\ \displaystyle\sum_{X \geqq \frac{1}{2} j} Y \sum_{x_1=1}^{X+\frac{1}{2}} \sum_{x_2=1}^{x_1} \ldots \sum_{x_j=1}^{x_{j-1}} x_j & \text{lorsque } j \text{ est impair,} \end{cases}$$

X	Y					
$-\frac{kh+k-2}{2}$	$Y_{-\frac{kh+k-2}{2}}$	$Y_{-\frac{kh+k-2}{2}}$	$Y_{-\frac{kh+k-2}{2}}$	$Y_{-\frac{kh+k-2}{2}}$	.	.
$-\frac{kh+k-4}{2}$	$Y_{-\frac{kh+k-4}{2}}$	$Y_{-\frac{kh+k-4}{2}}+Y_{-\frac{kh+k-2}{2}}$	$Y_{-\frac{kh+k-4}{2}}+2Y_{-\frac{kh+k-2}{2}}$	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
lacune	o	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
— 2	Y_{-2}	.	.	$Y_{-2}+3Y_{-3}+6Y_{-4}+\ldots=V_2^{(-)}$	$\ldots=V_3^{(-)}$	$\ldots=V_4^{(-)}$
— 1	Y_{-1}	$Y_{-1}+Y_{-2}+\ldots+Y_{-\frac{kh+k-2}{2}}=\sum_{X<0} Y$	$Y_{-1}+2Y_{-2}+\ldots+\frac{kh+k-2}{2}Y_{-\frac{kh+k-2}{2}}=V_1^{(-)}$	———	———	———
o	Y_0 (ou o) (1)	Y_0 (ou o) (1)	———	———	———	———
1	Y_1	$Y_1+Y_2+\ldots+Y_{\frac{kh+k-2}{2}}=\sum_{X>0} Y$	$Y_1+2Y_2+\ldots+\frac{kh+k-2}{2}Y_{\frac{kh+k-2}{2}}=V_1^{(+)}$	$Y_1+3Y_2+6Y_3+\ldots=V_2^{(+)}$	———	———
2	Y_2	.	.	.	$\ldots=V_3^{(+)}$	$\ldots=V_4^{(+)}$
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
lacune	o	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
$\frac{kh+k-4}{2}$	$Y_{\frac{kh+k-4}{2}}$	$Y_{\frac{kh+k-4}{2}}+Y_{\frac{kh+k-2}{2}}$	$Y_{\frac{kh+k-4}{2}}+2Y_{\frac{kh+k-2}{2}}$	.	.	.
$\frac{kh+k-2}{2}$	$Y_{\frac{kh+k-2}{2}}$	$Y_{\frac{kh+k-2}{2}}$	$Y_{\frac{kh+k-2}{2}}$	$Y_{\frac{kh+k-2}{2}}$	.	.
		$\sum Y=\sum_{X>0} Y+Y_0+\sum_{X<0} Y$	$V_1=V_1^{(+)}-V_1^{(-)}$	$V_2=V_2^{(+)}+V_2^{(-)}$	$V_3=V_3^{(+)}-V_3^{(-)}$	$V_4=V_4^{(+)}+V_4^{(-)}$

(1) Si k est pair (c'est-à-dire si o est une lacune).

et

$$W_j^{(-)} = \begin{cases} \sum_{X \leq -\frac{1}{2}(j+1)} Y \sum_{x_1=1}^{-X+\frac{1}{2}} \sum_{x_2=1}^{x_1} \dots \sum_{x_j=1}^{x_{j-1}} x_j & \text{lorsque } j \text{ est pair,} \\ \sum_{X \leq -\frac{1}{2}(j+2)} Y \sum_{x_1=1}^{-X+\frac{1}{2}} \sum_{x_2=1}^{x_1} \dots \sum_{x_j=1}^{x_{j-1}} x_j & \text{lorsque } j \text{ est impair.} \end{cases}$$

On a

$$W_j = \begin{cases} \sum \binom{X+\frac{1}{2}j-\frac{1}{2}}{j} Y = \sum \frac{\left(X-\frac{1}{2}j+\frac{1}{2}\right)\left(X-\frac{1}{2}j+\frac{3}{2}\right)\dots\left(X+\frac{1}{2}j-\frac{1}{2}\right)}{j!} & \text{lorsque } j \text{ est pair,} \\ \sum \binom{X+\frac{1}{2}j}{j} Y = \sum \frac{\left(X-\frac{1}{2}j+1\right)\left(X-\frac{1}{2}j+2\right)\dots\left(X+\frac{1}{2}j\right)}{j!} & \text{lorsque } j \text{ est impair,} \end{cases}$$

de sorte que les $\Sigma X^j Y$ sont des combinaisons linéaires, qu'il est facile de déterminer, des sommes W_g ($g = 0, 1, \dots, j$) ; on a, par exemple,

$$\Sigma XY = W_1 - \frac{W_0}{2}, \Sigma X^2 Y = 2W_2 + \frac{W_0}{4}, \Sigma X^3 Y = 6W_3 - 3W_2 + \frac{W_1}{4} - \frac{W_0}{8}, \dots;$$

le coefficient de W_j dans le développement de $\Sigma X^j Y$ est toujours $j!$.

On voit sur le schéma III comment on peut disposer les calculs de détermination des sommes W_g ($g = 0, 1, \dots, j$).

Ayant $\Sigma X^j Y = \Sigma X^{j-j'} X^{j'} Y$, on peut de nouveau déterminer d'abord les produits $X^{j'} Y$ (où $j' < j$) et n'appliquer qu'ensuite le procédé, sur les $X^{j'} Y$ plutôt que sur les Y.

Enfin, si on détermine toutes les puissances de X, jusqu'à la j^e, c'est-à-dire si on n'utilise pas l'algorithme, on peut diminuer le nombre des multiplications en tenant compte de nouveau de (16). Il veut mieux cependant, ici, vu que les X sont fractionnaires, prendre $t = 2X$ et utiliser plutôt les relations

$$\Sigma X^j Y = 2^{-j} \sum_{t>0} t^j (Y_t + (-1)^j Y_{-t}),$$

où l'indice des Y désigne cette fois la valeur correspondante de $t = 2X$; on calcule préalablement, pour $t > 0$, les sommes $Y_t \pm Y_{-t}$. Ce moyen a été utilisé dans notre note précédente, avec $j = p = 1$.

Il est encore à noter — et ceci est une propriété générale — que les coefficients b_j sont indépendants de l'origine choisie pour x. C'est bien évident pour $b_0 = \overline{Y}$, et la propriété résulte, par exemple, pour les b_j ($j > 0$) de ce qu'ils sont égaux respectivement aux coefficients de la plus haute puissance de x dans les polynômes de régression de degré j ; or, ces derniers coefficients ne sont évidemment pas altérés par un changement d'origine en x. On obtiendra donc les mêmes coefficients b_j, que 1 soit le plus petit X, ou que $\overline{X}$ soit nul. Par contre,

$X-\frac{1}{2}$	Y					
$-\frac{kh+k-1}{2}$	$Y_{-\frac{kh+k-2}{2}}$	$Y_{-\frac{kh+k-2}{2}}$	$Y_{-\frac{kh+k-2}{2}}$	$Y_{-\frac{kh+k-2}{2}}$	·	·
$-\frac{kh+k-3}{2}$	$Y_{-\frac{kh+k-4}{2}}$	$Y_{-\frac{kh+k-4}{2}}+Y_{-\frac{kh+k-2}{2}}$	$Y_{-\frac{kh+k-4}{2}}+2Y_{-\frac{kh+k-2}{2}}$	·	·	·
·	·	·	·	·	·	·
·	·	·	·	·	·	·
·	·	·	·	·	·	·
lacune $-\frac{1}{2}$	o	·	·	·	·	·
·	·	·	·	·	·	·
·	·	·	·	·	·	·
·	·	·	·	·	·	·
-2	$Y_{-\frac{3}{2}}$	·	$Y_{-\frac{3}{2}}+2Y_{-\frac{5}{2}}+\ldots+\frac{kh+k-3}{2}Y_{-\frac{kh+k-2}{2}}=W_1^{(-)}$	$Y_{-\frac{3}{2}}+3Y_{-\frac{5}{2}}+6Y_{-\frac{7}{2}}+\ldots=W_2^{(-)}$	$\ldots=W_3^{(-)}$	$\ldots=W_4^{(-)}$
-3	$Y_{-\frac{1}{2}}$	$Y_{-\frac{1}{2}}+Y_{-\frac{3}{2}}+\ldots+Y_{-\frac{kh+k-2}{2}}=W_0^{(-)}$	———	———	———	———
$X+\frac{1}{2}$						
1	$Y_{\frac{1}{2}}$	$Y_{\frac{1}{2}}+Y_{\frac{3}{2}}+\ldots+Y_{\frac{kh+k-2}{2}}=W_0^{(+)}$	$Y_{\frac{1}{2}}+2Y_{\frac{3}{2}}+\ldots+\frac{kh+k-1}{2}Y_{\frac{kh+k-2}{2}}=W_1^{(+)}$	———	———	———
2	$Y_{\frac{3}{2}}$	·	·	$Y_{\frac{3}{2}}+3Y_{\frac{5}{2}}+6Y_{\frac{7}{2}}+\ldots=W_2^{(+)}$	$\ldots=W_3^{(+)}$	———
·	·	·	·	·	·	$\ldots=W_4^{(+)}$
·	·	·	·	·	·	·
·	·	·	·	·	·	·
lacune $+\frac{1}{2}$	o	·	·	·	·	·
·	·	·	·	·	·	·
·	·	·	·	·	·	·
·	·	·	·	·	·	·
$\frac{kh+k-3}{2}$	$Y_{\frac{kh+k-4}{2}}$	$Y_{\frac{kh+k-4}{2}}+Y_{\frac{kh+k-2}{2}}$	$Y_{\frac{kh+k-4}{2}}+2Y_{\frac{kh+k-2}{2}}$	·	·	·
$\frac{kh+k-1}{2}$	$Y_{\frac{kh+k-2}{2}}$	$Y_{\frac{kh+k-2}{2}}$	$Y_{\frac{kh+k-2}{2}}$	$Y_{\frac{kh+k-2}{2}}$	·	·
		$W_0=W_0^{(+)}+W_0^{(-)}$	$W_1=W_1^{(+)}-W_1^{(-)}$	$W_2=W_2^{(+)}+W_2^{(-)}$	$W_3=W_3^{(+)}-W_3^{(-)}$	$W_4=W_4^{(+)}+W_4^{(-)}$

les coefficients des polynômes P_j ne sont évidemment pas indépendants du choix de l'origine. Les coefficients $c_0, \ldots, c_j$ (respectivement de $x^0, \ldots, x^j$) qui correspondent à un cas où $\overline{X} \neq 0$ sont liés aux coefficients $c'_0, \ldots, c'_j$ de P_j relatifs au cas $\overline{X} = 0$, par la formule

$$(17) \qquad c_g = \sum_{l=g}^{j} \binom{l}{g} c'_l \, (-\overline{X})^{l-g} \qquad (g = 0, \ldots, j) \; ;$$

or, les c'_l se calculent plus simplement, du fait que lorsque la moyenne des X est nulle, tous les moments m_i d'ordre impair sont nuls. La formule (17) peut s'établir à partir de (15), où $\alpha = 0$ et $\beta = \overline{X}$, en tenant compte de la forme des déterminants qui interviennent dans P_j [1]. Elle peut s'établir aussi plus simplement par identification de coefficients dans

$$\sum_{g=0}^{j} c_g x^g \equiv \sum_{l=0}^{j} c'_l \, (x - \overline{X})^l .$$

La relation (17) est valable plus généralement chaque fois que la distribution des X est symétrique. Il en est de même de la relation semblable

$$(19) \qquad a_j = \sum_{l=j}^{p} \binom{l}{j} a'_l \, (-\overline{X})^{l-j} \qquad (j = 0, \ldots, p),$$

---

(1) On voit notamment de cette manière que le dénominateur $\Delta^{(j-1)}$ de P_j est indépendant du choix de l'origine, ce qui revient à dire qu'on a

$$(18) \quad \Delta^{(j-1)} = \begin{vmatrix} 1 & m_1 & m_2 & . & . & m_{j-1} \\ m_1 & m_2 & . & . & . & m_j \\ m_2 & . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . & . \\ m_{j-1} & m_j & . & . & . & m_{2j-2} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1 & 0 & m_2(\overline{X}) & 0 & . & . & . \\ 0 & m_2(\overline{X}) & 0 & m_4(\overline{X}) & . & . & . \\ m_2(\overline{X}) & 0 & m_4(\overline{X}) & . & . & . & . \\ 0 & m_4(\overline{X}) & . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . & . & . \\ . & . & . & . & . & . & . \end{vmatrix} .$$

On a, en effet, d'une manière générale, pour les déterminants « persymétriques »,

$$\begin{vmatrix} u_0 & u_1 & u_2 & . & . & . & u_{j-1} \\ u_1 & u_2 & . & . & . & . & u_j \\ u_2 & . & . & . & . & . & . \\ . & & & & & & \\ . & & & & & & \\ u_{j-1} & u_j & . & . & . & . & u_{2j-2} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} u_0 & \Delta^1_\gamma u_0 & \Delta^2_\gamma u_0 & . & . & \Delta^{j-1}_\gamma u_0 \\ \Delta^1_\gamma u_0 & \Delta^2_\gamma u_0 & . & . & . & \Delta^j_\gamma u_0 \\ \Delta^2_\gamma u_0 & . & . & . & . & \\ . & . & . & . & . & \\ . & . & . & . & . & \\ \Delta^{j-1}_\gamma u_0 & \Delta^j_\gamma u_0 & . & . & . & \Delta^{2j-2}_\gamma u_0 \end{vmatrix} ,$$

où γ est un nombre quelconque et $\Delta^i_\gamma u_0 = \sum_{l=0}^{i} \binom{i}{l} (-\gamma)^{i-l} u_l$ (voir, par exemple, AITKEN, [1], p. 122) ; il suffit ici d'appliquer pour chaque élément de $\Delta^{(j-1)}$ la formule (15) avec $\alpha = 0$ et $\beta = \overline{X}$, et de prendre $\gamma = \overline{X}$, pour qu'en découle la formule (18). On a, en effet,

$$m_i = \sum_{g=0}^{l} \binom{l}{g} \overline{X}^g \, m_{l-g}(\overline{X}) = \sum_{g=0}^{l} \binom{l}{g} \overline{X}^{l-g} \, m_g(\overline{X}) ,$$

d'où

$$\Delta^i_\gamma m_0 = \sum_{l=0}^{i} \sum_{g=0}^{l} \binom{i}{l} \binom{l}{g} (-1)^{i-l} \overline{X}^{i-g} \; m_g(\overline{X}) =$$

$$= \sum_{g=0}^{i} \binom{i}{g} m_g(\overline{X}) \; . \; \overline{X}^{i-g} \sum_{l=g}^{i} \binom{i-g}{l-g} (-1)^{i-l} = m_i \, (\overline{X}) \; .$$

qui s'établit par identification de coefficients dans

$$\sum_{j=0}^{p} a_j x^j \equiv \sum_{l=0}^{p} a'_l \, (x - \overline{X})^l,$$

a'_l ($l = 0, \ldots, p$) représentant le coefficient de x^l dans le polynôme de régression de degré p, correspondant à une moyenne nulle en X. Rappelons que les coefficients a et a', contrairement aux coefficients b, dépendent du degré p du polynôme de régression. On a enfin, quel que soit $\overline{X}$,

$$a_j = \sum_{l=j}^{p} b_l \, c_j^{(l)} \quad , \tag{20}$$

où nous avons noté par l'indice supérieur des $c_j^{(l)}$ l'appartenance au polynôme P_l de degré l ; rappelons ici que $c_j^{(j)} = 1$. Les formules (17), (19), (20), ainsi que la propriété d'indépendance des coefficients b_j par rapport à l'origine peuvent faciliter les calculs de détermination des polynômes de régression. Nous en verrons un exemple dans le paragraphe suivant, où nous traiterons plus particulièrement le cas $p = 2$. Quel que soit $p \geq 2$, cette détermination se fait certainement le plus rapidement lorsque $\overline{X} = 0$.

3. En ce qui concerne l'ajustement parabolique d'ordre 2 ($p = 2$), on a

$$b_2 = \frac{\begin{vmatrix} n & \Sigma X & \Sigma Y \\ \Sigma X & \Sigma X^2 & \Sigma XY \\ \Sigma X^2 & \Sigma X^3 & \Sigma X^2 Y \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} n & \Sigma X & \Sigma X^2 \\ \Sigma X & \Sigma X^2 & \Sigma X^3 \\ \Sigma X^2 & \Sigma X^3 & \Sigma X^4 \end{vmatrix}} \quad , \quad b_1 = \frac{\Sigma XY - \overline{X}\Sigma Y}{\Sigma X^2 - n\overline{X}^2} \quad , \quad b_0 = \overline{Y} \, , \tag{21}$$

formules qui se réduisent, lorsque $\overline{X} = 0$, à

$$b_2 = \frac{n\Sigma X^2 Y - \Sigma X^2 \, . \, \Sigma Y}{n\Sigma X^4 - (\Sigma X^2)^2} \quad , \quad b_1 = \frac{\Sigma XY}{\Sigma X^2} \quad , \quad b_0 = \overline{Y}. \tag{22}$$

On a, en outre, lorsque $\overline{X} = 0$,

$$P_2 \equiv x^2 - \frac{\Sigma X^2}{n} \quad , \quad P_1 \equiv x \quad , \quad P_0 = 1 \, , \ (1) \tag{23}$$

d'où, en vertu de (17), lorsque 1 est le plus petit X (ou même dans le cas général où la série des X commence par un nombre quelconque),

---

(1) Celles des formules (23) qui sont relatives à P_1 et P_2 s'obtiennent, bien entendu, immédiatement, par les relations $\Sigma P_1 = 0$ et $\Sigma P_2 = 0$; de même, $P_3 \equiv x^3 - \frac{\Sigma X^4}{\Sigma X^2} x$, par la relation $\Sigma P_1 P_3 = 0$.

$$(24)\quad \begin{cases} P_2 \equiv x^2 - 2\overline{X}x - \dfrac{\Sigma(X-\overline{X})^2}{n} + \overline{X}^2 \equiv x^2 - 2\overline{X}x + 2\overline{X}^2 - \dfrac{\Sigma X^2}{n}\ , \\ P_1 \equiv x - \overline{X}\ , \qquad P_0 \equiv 1. \end{cases}$$

On a encore, lorsque $\overline{X} = 0$, grâce à (20), (22) et (23),

$$(25)\quad \begin{cases} a_2 = b_2 = \dfrac{n\Sigma X^2 Y - \Sigma X^2 \,.\, \Sigma Y}{n\Sigma X^4 - (\Sigma X^2)^2}\ , \quad a_1 = b_1 = \dfrac{\Sigma XY}{\Sigma X^2}\ , \\ a_0 = \overline{Y} - b_2 \dfrac{\Sigma X^2}{n} = \overline{Y} - a_2 \dfrac{\Sigma X^2}{n}\ , \end{cases}$$

d'où, en vertu de (19) et (21), dans le cas général,

$$a_2 = b_2 = \frac{n\Sigma(X-\overline{X})^2 Y - \Sigma(X-\overline{X})^2 . \Sigma Y}{n\Sigma\,(X-\overline{X})^4 - (\Sigma(X-\overline{X})^2)^2}$$

(a_2 se calculera aussi avantageusement par la première formule (21)),

$$(26)\quad \begin{cases} a_1 = \dfrac{\Sigma(X-\overline{X})Y}{\Sigma(X-\overline{X})^2} - 2a_2\overline{X} = \dfrac{\Sigma XY - \overline{X}\Sigma Y}{\Sigma X^2 - n\overline{X}^2} - 2a_2\overline{X} = b_1 - 2b_2\overline{X}\ , \\ a_0 = \overline{Y} - a_2 \dfrac{\Sigma(X-\overline{X})^2}{n} - \overline{X}\dfrac{\Sigma(X-\overline{X})Y}{\Sigma(X-\overline{X})^2} + a_2\overline{X}^2 = \\ \qquad \overline{Y} + a_2\left(2\overline{X}^2 - \dfrac{\Sigma X^2}{n}\right) - \overline{X}\dfrac{\Sigma XY - \overline{X}\Sigma Y}{\Sigma X^2 - n\overline{X}^2} = \\ \qquad = \overline{Y} + b_2\left(2\overline{X}^2 - \dfrac{\Sigma X^2}{n}\right) - b_1\overline{X} = \overline{Y} - a_1\overline{X} - a_2\dfrac{\Sigma X^2}{n}\ . \end{cases}$$

Les formules (26) découlent aussi de (20), (21) et (24).

Rappelons que les sommes $\Sigma X^j Y$ ($j = 0, 1, 2$) qui figurent dans les formules (21) à (26) se calculent par les algorithmes qui ont été décrits dans le paragraphe 2. Nous donnons ou déduisons ci-dessous les fonctions de k et h par lesquelles il y a lieu d'y remplacer $\Sigma X = n\overline{X}$, ΣX^2, ΣX^3, ΣX^4 ;

avec $X = 1, \ldots, h\,;\ h+2, \ldots, 2h+1\,;\ 2h+3, \ldots\,;\ (k-1)\,h+k, \ldots, kh+k-1$,

(13) et (12) (pour ΣX et ΣX^2) et, grâce à (11),

$$(27)\quad \begin{cases} \Sigma X^3 = T_{(k,h),3} = \dfrac{1}{4}[k(h+1)-1]^2 k^2 (h+1)^2 - \dfrac{1}{4}(h+1)^3 (k-1)^2 k^2 = \\ = \dfrac{1}{4}k^2(h+1)^2[k^2(h+1)^2 - 2k(h+1) + 1 - (h+1)(k^2 - 2k + 1)] = \\ = \dfrac{1}{4}k^2(h+1)^2[k^2(h+1)h - h] = \dfrac{1}{4}k^2(h+1)^2 h\,[k^2(h+1) - 1]\ , \end{cases}$$

$$
(28)\quad \left\{\begin{aligned}
&\Sigma X^4 = T_{(k,h),4} = \\
&= \frac{1}{30}[k(h+1)-1]\,k(h+1)\,[2k(h+1)-1]\,\{3[k(h+1)-1]k(h+1)-1\} - \\
&\qquad - \frac{1}{30}(h+1)^4(k-1)k(2k-1)\,[3(k-1)k-1] = \\
&= \frac{1}{30}k(h+1)\,[6k^4(h+1)^4 - 15k^3(h+1)^3 + 10k^2(h+1)^2 - 1 - \\
&\qquad - (h+1)^3(6k^4 - 15k^3 + 10k^2 - 1)] = \\
&= \frac{1}{30}k(h+1)\,[6k^4(h+1)^3 h - 10k^2(h+1)^2 h + (h+1)^3 - 1] = \\
&= \frac{1}{30}kh(h+1)\,[6k^4(h+1)^3 - (10k^2-1)(h+1)^2 + h + 2]\ ;
\end{aligned}\right.
$$

avec $\overline{X} = 0$,

$\Sigma X = \Sigma X^3 = 0$ et, grâce à (14), (13), (12), (27) et (28),

$$
(29)\quad \left\{\begin{aligned}
&\Sigma X^2 = T_{(k,h),2} - k(h+1)\,T_{(k,h),1} + \frac{1}{4}k^2(h+1)^2 kh = \\
&\qquad T_{(k,h),2} - \frac{1}{4}k^3(h+1)^2 h = \frac{1}{12}k(h+1)\,h\,[k^2(h+1) - 2]\ ,
\end{aligned}\right.
$$

$$
(30)\quad \left\{\begin{aligned}
&\Sigma X^4 = T_{(k,h),4} - 2k(h+1)\,T_{(k,h),3} + \frac{3}{2}k^2(h+1)^2\,T_{(k,h),2} - \\
&\qquad - \frac{1}{2}k^3(h+1)^3\,T_{(k,h),1} + \frac{1}{16}k^4(h+1)^4\,kh = \\
&= \frac{1}{240}kh(h+1)\,\{8[6k^4(h+1)^3 - (10k^2-1)(h+1)^2 + h + 2] - \\
&- 120k^2(h+1)^2[k^2(h+1)-1] + 60k^2(h+1)^2[2k^2(h+1)-1] - 45k^4(h+1)^3\} = \\
&= \frac{1}{240}kh(h+1)\,\{8[6k^4(h+1)^3 - (10k^2-1)(h+1)^2 + h + 2] + \\
&\qquad + 60k^2(h+1)^2 - 45k^4(h+1)^3\} = \\
&= \frac{1}{240}kh(h+1)\,[3k^4(h+1)^3 - (20k^2-8)(h+1)^2 + 8(h+2)].
\end{aligned}\right.
$$

On aura donc, par exemple, lorsque 1 est le plus petit X,

$$
(31)\qquad P_1 \equiv x - \frac{k(h+1)}{2}\ ,
$$

$$
(32)\quad P_2 \equiv x^2 - k(h+1)x + \frac{k^2(h+1)^2}{2} - \frac{1}{6}(h+1)\,[2k^2(h+1) - 1] \equiv
$$
$$
\equiv P_1^2 - \frac{k^2(h+1)^2}{12} + \frac{h+1}{6} \equiv P_1^2 - \frac{h+1}{12}\,[k(h+1) - 2]\ ,
$$

ce qui, dans le cas des séries non lacunaires ($k = 1$, $h = n$), devient

$$
(33)\qquad P_1 \equiv x - \frac{n+1}{2}\ ,
$$
$$
P_2 \equiv P_1^2 - \frac{n^2-1}{12}\ ;
$$

ce sont les deux premiers polynômes orthogonaux de FISHER et ALLAN, [2], [3], [6], pour le cas des séries chronologiques non lacunaires (1) ; (31) et (32) en constituent l'extension au cas des séries chronologiques périodiquement lacunaires.

4. Exemple, où $h = 6$, $k = 3$. Nous le traiterons d'abord, *(A)*, avec $X = 1, 2, \ldots$, ensuite, *(B)*, avec $\overline{X} = 0$. C'est ce qui correspond respectivement à la 1re méthode généralisée et à la 2e méthode généralisée de notre note précédente. Dans chacun de ces cas, nous déterminerons le polynôme de régression de degré 2 à l'aide des coefficients a_j ainsi qu'à l'aide des coefficients b_j et polynômes P_j. Le problème sera donc résolu par quatre voies différentes, sans compter que nous déterminerons encore, dans *A* et dans *B*, les sommes $\Sigma X^j Y$ de deux manières différentes.

A.

Calcul des sommes $\Sigma X^j Y$.

1re manière.

X	Y	XY	XY cumulés	
1	1,50	1,50	23.377,12	
2	3,52	7,04	23.375,62	
3	7,62	22,86	23.368,58	
4	11,00	44,00	23.345,72	
5	15,63	78,15	23.301,72	
6	26,25	157,50	23.223,57	
7	0	0	23.066,07	
8	45,00	360,00	23.066,07	
9	52,15	469,35	22.706,07	
10	63,00	630,00	22.236,72	
11	75,72	832,92	21.606,72	
12	80,07	960,84	20.773,80	
13	99,54	1.294,02	19.812,96	
14	0	0	18.518,94	
15	125,26	1.878,90	18.518,94	
16	142,00	2.272,00	16.640,04	
17	160,48	2.728,16	14.368,04	
18	183,20	3.297,60	11.639,88	$\Sigma Y = 1.519,06$
19	200,12	3.802,28	8.342,28	$\Sigma XY = 23.377,12$
20	227,00	4.540,00	4.540,00	$\Sigma X^2 Y = 385.828,86$
	1.519,06		385.828,86	

(1) La comparaison doit se faire en tenant compte de ce que FISHER et ALLAN ont pris $X = 0, 1, \ldots, n - 1$; il faut donc, dans (33), remplacer x par $(x + 1)$, ce qui donne

$$P_1 \equiv x - \frac{n-1}{2},$$

comme dans les formules de FISHER et ALLAN.

2e manière.

X	Y	$Y^{(1)}$	$Y^{(2)}$	
1	1,50	1.519,06	23.377,12	
2	3,52	1.517,56	21.858,06	
3	7,62	1.514,04	20.340,50	
4	11,00	1.506,42	18.826,46	
5	15,63	1.495,42	17.320,04	
6	26,25	1.479,79	15.824,62	
7	0	1.453,54	14.344,83	
8	45,00	1.453,54	12.891,29	
9	52,15	1.408,54	11.437,75	
10	63,00	1.356,39	10.029,21	
11	75,72	1.293,39	8.672,82	
12	80,07	1.217,67	7.379,43	
13	99,54	1.137,60	6.161,76	
14	0	1.038,06	5.024,16	
15	125,26	1.038,06	3.986,10	
16	142,00	912,80	2.948,04	$\Sigma Y = 1.519,06$
17	160,48	770,80	2.035,24	$\Sigma XY = 23.377,12$
18	183,20	610,32	1.264,44	$\Sigma X^2 Y = 2 \times 204.602,99 -$
19	200,12	427,12	654,12	$- 23.377,12 =$
20	227,00	227,00	227,00	$= 385.828,86.$
			204.602,99	

Calcul des sommes ΣX^i.

On a, par (13), (12), (27) et (28) respectivement,

$$\Sigma X = \frac{1}{2} \times 9 \times 6 \times 7 = 189,$$

$$\Sigma X^2 = \frac{1}{6} \times 3 \times 7 \times 6 \,(2 \times 9 \times 7 - 1) = 2.625,$$

$$\Sigma X^3 = \frac{1}{4} \times 9 \times 49 \times 6 \,(9 \times 7 - 1) = 41.013,$$

$$\Sigma X^4 = \frac{1}{30} \times 3 \times 6 \times 7 \,(6 \times 81 \times 243 - 89 \times 49 + 8) = 681.849.$$

Calcul des coefficients.

On a

$$a_2 = b_2 = \frac{18^3 \Delta_2^{(2)}}{18^3 \Delta^{(2)}} = \frac{96.065.238,78}{191.104.704} = 0,502\ldots,$$

$$b_1 = \frac{18^2 \Delta_1^{(1)}}{18^2 \Delta^{(1)}} = \frac{133.685,82}{11.529}$$

ou, par (21),

$$b_1 = \frac{23.377,12 - \frac{1}{2} \times 21 \times 1519,06}{2625 - \frac{1}{2} \times 21 \times 189}$$

$$= 11,595\ldots,$$

$$\left.\begin{aligned} a_1 &= \frac{18^3\Delta_1^{(2)}}{18^3\Delta^{(2)}} = \frac{198.606.137,94}{191.104.704} \\ \text{ou, par (26),}\quad & \\ a_1 &= b_1 - 21\,a_2 \end{aligned}\right\} = 1,039\ldots,$$

$$b_0 = \overline{Y} = \frac{1519,06}{18} = 84,392\ \ldots,$$

$$\left.\begin{aligned} a_0 &= \frac{18^3\Delta_0^{(2)}}{18^3\Delta^{(2)}} = \frac{32.872.210,56}{191.104.704} \\ \text{ou, par (26),}\quad & \\ a_0 &= \overline{Y} - \frac{21}{2}\,a_1 - \frac{2625}{18}\,a_2 \end{aligned}\right\} = 0,172\ldots\ .$$

Détermination des polynômes orthogonaux.

On a, par (24),

$$P_2 \equiv x^2 - 21\,x + 2\left(\frac{21}{2}\right)^2 - \frac{2625}{18} \equiv x^2 - 21\,x + 74,666\ldots\ ,$$

$$P_1 \equiv x - 10,50\ ,$$

$$P_0 \equiv 1\ .$$

Le polynôme de régression de degré 2 est donc

$$(34)\quad \left\{\begin{aligned} & a_2x^2 + a_1x + a_0 = 0,502\ldots x^2 + \\ & \qquad\qquad 1,039\ldots x + 0,172\ldots \\ & \text{ou} \\ & b_2P_2 + b_1P_1 + b_0P_0 = 0,502\ldots\ (x^2 - 21x + \\ & 74,666\ldots) + 11,595\ldots(x - 10,50) + 84,392\ldots \end{aligned}\right\} \underline{\approx 0,50\,x^2 + 1,04\,x + 0,17\ .}$$

B.

Calcul des sommes ΣX^iY.

1re manière.

Y_{-t}	Y_t	$Y_t - Y_{-t}$	t	$t(Y_t - Y_{-t})$	$Y_t + Y_{-t}$	t^2	$t^2(Y_t + Y_{-t})$
63,00	75,72	12,72	1	12,72	138,72	1	138,72
52,15	80,07	27,92	3	83,76	132,22	9	1.189,98
45,00	99,54	54,54	5	272,70	144,54	25	3.613,50
26,25	125,26	99,01	9	891,09	151,51	81	12.272,31
15,63	142,00	126,37	11	1.390,07	157,63	121	19.073,23
11,00	160,48	149,48	13	1.943,24	171,48	169	28.980,12
7,62	183,20	175,58	15	2.633,70	190,82	225	42.934,50
3,52	200,12	196,60	17	3.342,20	203,64	289	58.851,96
1,50	227,00	225,50	19	4.284,50	228,50	361	82.488,50
225,67	1.293,39			14.853,98			249.542,82

$$\Sigma Y = 225,67 + 1293,39 = 1519,06,$$

$$\Sigma XY = \frac{1}{2}\ 14.853,98 = 7426,99,$$

$$\Sigma X^2Y = \frac{1}{4}\ 249.542,82 = 62.385,705.$$

2e manière (par l'algorithme de TSCHETWERIKOFF).

$X - \frac{1}{2}$	Y			
— 10	1,50	1,50	1,50	1,50
— 9	3,52	5,02	6,52	8,02
— 8	7,62	12,64	19,16	27,18
— 7	11,00	23,64	42,80	69,98
— 6	15,63	39,27	82,07	152,05
— 5	26,25	65,52	147,59	299,64
— 4	0	65,52	213,11	512,75
— 3	45,00	110,52	323,63	836,38
— 2	52,15	162,67	486,30	1.322,68
— 1	63,00	225,67	—	—
$X + \frac{1}{2}$				
1	75,72	1.293,39	8.672,82	—
2	80,07	1.217,67	7.379,43	29.680,29
3	99,54	1.137,60	6.161,76	22.300,86
4	0	1.038,06	5.024,16	16.139,10
5	125,26	1.038,06	3.986,10	11.114,94
6	142,00	912,80	2.948,04	7.128,84
7	160,48	770,80	2.035,24	4.180,80
8	183,20	610,32	1.264,44	2.145,56
9	200,12	427,12	654,12	881,12
10	22,700	227	227	227
		$W_0 = 1293,39 + 225,67 = 1519,06$	$W_1 = 8672,82 - 486,30 = 8.186,52$	$W_2 = 29.680,29 + 1322,68 = 31.002,97$

$$\Sigma Y = 1519,06,$$

$$\Sigma XY = 8186,52 - \frac{1}{2}\ 1519,06 = 7426,99,$$

$$\Sigma X^2 Y = 2 \times 31.002,97 + \frac{1}{4} 1519,06 = 62.385,705.$$

Calcul des sommes ΣX^i.

On a $\Sigma X = \Sigma X^3 = 0$ et, par (29) et (30),

$$\Sigma X^2 = \frac{1}{12} 3 \times 7 \times 6\,(9 \times 7 - 2) = 640,50,$$

$$\Sigma X^4 = \frac{1}{240} 3 \times 6 \times 7\,(3 \times 81 \times 343 - 172 \times 49 + 8 \times 8) = 39.367,125.$$

Calcul des coefficients.

On a, par (25),

$$a_2 = b_2 = \frac{18 \times 62.385,705 - 640,50 \times 1519,06}{18 \times 39.367,125 - (640,50)^2} = 0,502\ldots,$$

$$a_1 = b_1 = \frac{7426,99}{640,50} = 11,595\ldots,$$

$$b_0 = \frac{1519,06}{18} = 84,392\ldots,$$

$$a_0 = \frac{1}{18}(1519,06 - 640,50\ a_2) = 66,505\ldots$$

Les résultats relatifs aux coefficients b_j étaient prévus depuis les calculs A, sur la base de l'indépendance de ces coefficients par rapport à l'origine des x.

Détermination des polynômes.

On a, par (23),

$$P_2 \equiv x^2 - \frac{640,50}{18} \equiv x^2 - 35,583\ldots,$$
$$P_1 \equiv x,$$
$$P_0 \equiv 1.$$

Le polynôme de régression de degré 2 est donc

$$\left.\begin{aligned} &a_2x^2 + a_1x + a_0 = 0,502\ldots\ x^2 + \\ &\qquad\qquad 11,595\ldots x + 66,505\ldots \\ \text{ou} \\ &b_2P_2 + b_1P_1 + b_0P_0 = 0,502\ldots(x^2 - 35,583\ldots) + \\ &\qquad + 11,595\ldots\ x + 84,392\ldots \end{aligned}\right\} \underline{\approx 0,50x^2 + 11,60x + 66,51,}$$

ce qui confirme le résultat (34), eu égard au changement d'origine ; on a, en effet,

$$0,502\ldots \times 2 \times 10,50 + 1,039\ldots = 11,595\ldots$$

et

$$0,502\ldots \times (10,5)^2 + 1,039\ldots \times 10,5 + 0,172\ldots = 66,505\ldots$$

Résumé.

Essai d'adaptation des formules générales de la régression d'ordre p au cas des séries chronologiques périodiquement lacunaires. Comparaison et discussion des formules.

Considération complète du cas $p = 2$.

Exemple numérique.

BIBLIOGRAPHIE

1. AITKEN, A. C. — Determinants and Matrices. Oliver and Boyd, Edinburgh and London, 5th ed., 1948.
2. ALLAN, F. E. — General Forms of the Orthogonal Polynomials for Simple Series, with Proofs of their Simple Properties. *Proc. Roy. Soc. of Edinburgh*, Vol. **50**, 1930, pp. 310-320.
3. FISHER, R. A. — Statistical Methods for Research Workers. Oliver and Boyd, Edinburgh and London, par ex. 5th ed., 1934. ; plusieurs éditions ultérieures.
4. GEBELEIN, H. — Zahl und Wirklichkeit. Quelle und Meyer, Heidelberg, 2. Aufl., 1949.
5. KENDALL, M. G. — The Advanced Theory of Statistics. Ch. Griffin, London, vol. I, 4th ed., 1948.
6. KENDALL, M. G. — *Id.*, vol. II, 3rd ed., 1951.
7. LORENZ, P. — Sonderheft 9 und 21 der *Vierteljahrshefte zur Konjunkturforschung*, Berlin, 1928, und 1931.
8. *Mathematical Reviews, U. S. A.* — Vol. 13, 1952, p. 625.
9. PIZÁ, P. A. — *Revista Soc. Cubana Ci. Fís. Mat.*, vol. **2**, 1950, pp. 159-162.
10. PIZÁ, P. A. — *Math. Mag.*, vol. **25**, 1950, pp. 137-142.
11. TEGHEM, J. — Ajustement d'une équation linéaire à une série chronologique périodiquement lacunaire. Ce *Bull.*, vol. **19**, 1951, pp. 390-394.

STATION LAITIÈRE DE L'ÉTAT A GEMBLOUX

Contribution à l'étude des méthodes de détermination de la phosphatase dans le lait

par A. Scaut.

PLAN

1re Partie. — Généralités.

A. Nécessité du contrôle de la pasteurisation du lait.
B. Principe du contrôle de la pasteurisation du lait.
C. Quelques brèves considérations sur les divers tests proposés pour le contrôle de la pasteurisation du lait et des produits laitiers.
   1) Test de la réductase et test de Schardinger.
   2) Test de l'amylase.
   3) Test de la catalase.
   4) Test de la peroxydase.
   5) Test de l'agglutinine (crémométrie).
   6) Test de la phosphatase.
   7) Divers.
D. Nature et propriétés de la phosphatase.
E. Méthodes utilisées pour la détermination de l'activité de la phosphatase.

2e Partie. — Essais expérimentaux.

§ 1. Réalisation des mesures colorimétriques.
   1) Détermination subjective par comparaison avec des standards. Préparation des standards.
   2) Détermination objective par des mesures photo- ou spectrophotométriques.

§ 2. Étude du test de Kay-Graham.
   I. *Principe.*
   II. *Préparation des réactifs et mode opératoire.*
      Précipitation et filtration des protéines.
      Réalisation des tests de contrôle.
      Expression des résultats.

III. *Dosage du phénol libéré par l'hydrolyse du substrat.*
1) Absorption en fonction de la longueur d'onde.
2) Absorption en fonction de la concentration en phénol.
IV. *Détermination de la teneur en phosphatase du lait cru.*
1) Dilution avec de l'eau.
2) Dilution avec du lait chauffé.
V. *Étude de quelques facteurs pouvant influencer les résultats.*
1) Origine et durée de conservation du réactif de FOLIN-CIOCALTEU.
2) Influence de la filtration.
3) Influence de la durée de l'ébullition (développement de la coloration).
4) Influence du mode de réalisation des essais à blanc.

§ 3. ÉTUDE DU TEST DE SCHARER.
I. *Principe.*
II. *Préparation des réactifs et mode opératoire.*
III. *Dosage du phénol libéré par l'hydrolyse du substrat.*
A. Absorption en fonction de la longueur d'onde.
B. Stabilité des solutions d'indophénol.
C. Détermination de la quantité de B. Q. C.
D. Absorption en fonction de la concentration en phénol.
E. Relations entre l'extinction, le nombre d'unités SCHARER et le poids de phénol libéré par 0,5 ml de lait.

§ 4. ÉTUDE DU TEST DE SANDERS ET SAGER.
I. *Principe.*
II. *Préparation des réactifs et mode opératoire.*
Préparation d'un tampon borax-carbonate de soude.
Préparation d'un tampon acide borique-soude caustique.
Décarbonatation de la soude caustique.
III. *Dosage du phénol libéré par l'hydrolyse du substrat.*
A. Absorption en fonction de la longueur d'onde.
B. Analyse spectrale des solutions obtenues suivant les procédés de SCHARER et de SANDERS-SAGER.
1) Caractéristiques des courbes d'absorption.
2) Facteurs influençant l'absorption spectrale des solutions.
C. Développement et stabilité de la coloration.
D. Influence du pH et de la nature du tampon sur la valeur des résultats.
E. Absorption en fonction de la concentration en phénol.
F. Relation entre l'extinction, la concentration en phénol et le poids de phénol libéré par 0,5 ml de lait.
IV. *Détermination de la teneur en phosphatase du lait cru.*
V. *Influence de la durée d'incubation.*
VI. *Influence de l'addition de chloroforme.*
VII. *Quelques données expérimentales.*

§ 5. ÉTUDE COMPARATIVE DES TROIS MÉTHODES.

§ 6. ACTION DES AGENTS DE CONSERVATION.

§ 7. SOMMAIRE.

BIBLIOGRAPHIE.

1re PARTIE. — GÉNÉRALITÉS

A. Nécessité du contrôle de la pasteurisation du lait.

Le lait, s'il ne provient pas d'un troupeau parfaitement sain, et s'il n'est pas récolté dans des conditions d'hygiène très strictes, doit nécessairement subir un certain traitement thermique avant de pouvoir être livré à la consommation humaine (1), (15).

La destruction des bactéries pathogènes n'exige cependant pas que le lait soit porté à l'ébullition et, a fortiori, à la température de stérilisation. On a démontré qu'elle pouvait être réalisée dans des conditions de température et de durée n'altérant pas, ou presque pas, les propriétés organoleptiques, biologiques, diététiques et commerciales du lait cru. Un lait ainsi traité (lait pasteurisé) présente donc une nette supériorité sur celui qui a subi un traitement plus rigoureux.

Les pouvoirs publics de nombreux pays se sont intéressés à cette question et ont organisé une véritable campagne en faveur du lait pasteurisé. La propagande a déjà répondu en partie aux vœux de ses promoteurs et nous constatons actuellement une nette régression dans la vente du lait cru. Dans certains pays, même, dont la politique laitière est très évoluée (États-Unis, Danemark, Pays Scandinaves etc...) on peut affirmer que presque tout le lait de consommation est soumis à la pasteurisation.

Cette évolution ne va cependant pas sans quelque danger car la nécessité de produire un lait présentant les mêmes propriétés que le lait cru, diminue considérablement la marge de sécurité et exige beaucoup tant de l'appareillage que du personnel de la laiterie. Il est donc absolument nécessaire que le contrôle de l'efficacité du traitement thermique puisse être réalisé sans trop de frais, d'une part par la laiterie et d'autre part, par les services chargés de la protection de la santé publique.

Le fabricant doit accepter la responsabilité de la qualité du produit livré à la consommation et les services de contrôle doivent pouvoir disposer d'un procédé éprouvé pour la recherche des erreurs et des négligences.

B. Principe du contrôle de l'efficacité de la pasteurisation.

On peut évidemment contrôler l'efficacité du traitement thermique en recherchant la présence éventuelle de bactéries pathogènes. Cependant, cette recherche est longue et laborieuse ; elle n'est pas réalisable avec les moyens de la pratique courante.

Le lait contient, heureusement, plusieurs enzymes présentant un caractère de thermolabilité plus ou moins marquée, ce qui a permis aux chercheurs de baser leurs essais sur des corrélations entre un chauffage satisfaisant et la disparition complète ou partielle d'une de ces enzymes.

L'élaboration d'un test de contrôle comporte trois étapes fondamentales :

1° *Choix de l'enzyme.*

L'enzyme, utilisée en quelque sorte comme « indicateur » de pasteurisation, ne peut être choisie arbitrairement.

Elle doit :

a) être plus thermostable que le bacille tuberculeux (qui est lui-même le plus résistant des microorganismes pathogènes habituellement recontrés dans le lait) ;

b) être détruite avant modification des propriétés organoleptiques (goût de cuit), biologiques (vitamines), diététiques (digestibilité) et commerciales (montée en crème) du lait cru ;

c) ne pas être produite en quantité appréciable par la flore pouvant se développer dans le lait après la pasteurisation.

2) *Choix du substrat et des conditions d'action de l'enzyme.*

3) *Choix d'une méthode analytique* permettant l'évaluation de l'activité enzymatique *par dosage d'un ou des produits de l'hydrolyse.* Cette méthode doit être précise, rapide, d'une application facile et suffisamment sensible que pour pouvoir déceler :

— une légère diminution dans la durée du chauffage,

— un léger abaissement de la température de pasteurisation,

— une réinfection due à des infiltrations, même minimes (0,1 %) de lait cru dans le lait pasteurisé.

L'énumération de ces exigences expliquent les tâtonnements et les difficultés auxquelles les chercheurs se sont heurtés depuis près de trois décades.

Presque toutes les enzymes du lait ont été utilisées comme indicateurs de pasteurisation mais elles présentaient toutes des inconvénients plus ou moins sérieux. Ce n'est qu'après la découverte de la phosphatase que le problème a pu recevoir une solution satisfaisante.

C. Quelques brèves considérations sur les tests proposés pour le contrôle de la pasteurisation du lait et des produits laitiers.

1. *Test de la réductase et test de Schardinger.*

Le lait contient deux enzymes ayant la propriété de décolorer le bleu de méthylène : une réductase d'origine leucocytaire et l'aldéhydrase ou enzyme de Schardinger. Cette dernière ne catalyse la formation du leucodérivé qu'en présence d'un aldéhyde seulement (formol).

Ces deux enzymes résistent à la pasteurisation basse (2), (3), et dans ce cas, ne peuvent être utilisés comme indicateur. Nous ignorons leur comportement au cours d'une pasteurisation réalisée selon un procédé H. T. S. T. (High Temperature, Short Time).

Le test de Schardinger (4) et le test de la réductase réalisé, après centrifugation, sur le sédiment de leucocytes (2) peuvent toutefois et dans certains cas, donner certains renseignements qualitatifs, quant au traitement thermique subi par le lait. Ils ne sont cependant significatifs qu'immédiatement après la pasteurisation car les microorganismes du lait élaborent rapidement des substances ayant également la propriété de décolorer le bleu de méthylène.

2. — *Test de l'amylase.*

L'amylase catalyse l'hydrolyse de l'amidon qui perd ainsi sa propriété de former un complexe bleu, intensément coloré, avec l'iode. Cette propriété a été utilisée par plusieurs auteurs (3), (5), (6), (7), (15, p. 632) pour la recherche de l'amylase dans le lait et l'étude du passé thermique de ce dernier.

Le test n'a pas été retenu car l'enzyme, détruite par un chauffage de 30 minutes à 53-55° C (2), (3), ne répond pas à la première des conditions énumérées dans le paragraphe précédent.

3. — *Test de la catalase.*

La catalase favorise la décomposition de l'eau oxygénée. Elle est détruite par un chauffage de 30 minutes à 65° C (3) et, pour cette raison, convient mieux que la réductase, l'aldéhydrase et l'amylase. Elle est malheureusement produite en grande quantité par la flore microbienne survivante ou réintroduite dans le lait et ne peut donc permettre que des renseignements très aléatoires.

4. — *Test de la peroxydase.*

La peroxydase est une desmolase favorisant l'oxydation de certains composés, accepteurs d'oxygène, en présence d'un peroxyde, donneur d'oxygène. Elle est à la base de la réaction bien connue de Storch : si on ajoute de l'eau oxygénée et de la paraphénylènediamine à du lait contenant de la peroxydase, il se développe une coloration bleue dont l'intensité est proportionnelle à la concentration de l'enzyme.

La réaction de Storch peut être réalisée soit sur le lait (8), soit sur le sérum (9). Elle présente l'énorme avantage de pouvoir être réalisée sur les lieux mêmes de la prise d'échantillon et constitue un test plus régulier et moins aléatoire que les précédents.

D'après les données de Bouma et Van Dam (10), la peroxydase est détruite par un chauffage de 30 minutes à 72° C, de 2,5 minutes à 75° C, ou de 2,5 secondes à 80° C. La thermostabilité de l'enzyme rend donc cette dernière inutilisable pour le contrôle de la pasteurisation basse (30 minutes à 63° C) ou de la pasteurisation réalisée suivant un procédé H. T. S. T. (15 secondes à 72° C ou 4 secondes à 75° C). Nous verrons qu'il n'en est pas de même pour la phosphatase qui est détruite dans tous les cas. Le comportement différent de ces deux enzymes peut d'ailleurs être mis à profit pour rechercher la nature du traitement subi par le lait.

Remarque.

Il existe, à côté de la réaction de Storch, un certain nombre d'autres réactions mettant en œuvre d'autres accepteurs et d'autres donneurs d'oxygène. Nous nous contenterons d'en donner les principales et renvoyons le lecteur aux ouvrages indiqués dans la note bibliographique.

1. Réaction de Borinski : (11) gaïacol et eau oxygénée.
2. Réaction de Tillmans : (12) paraphénylènediamine et peroxyde de baryum.
3. Réactions de Rothenfusser.
   a) benzidine et eau oxygénée (13).
   b) paraphénylènediamine-gaïacol et eau oxygénée (5).
4. Réaction de Eble-Pfeiffer (14) : dithizone et eau oxygénée.

5. — *Test de l'agglutinine — méthode crémométrique.*

L'agglutinine contribue fortement à la formation des agglomérats graisseux, sa destruction est marquée par une nette diminution de la vitesse de montée en crème. La thermostabilité de l'agglutinine est intermédiaire entre celle de la peroxydase et celle de la phosphatase.

La crémométrie (2), (15), (16) ne constitue cependant pas un critérium suffisant pour le contrôle du lait pasteurisé, elle est trop peu sensible (16, p. 110) et ne convient pas pour un lait homogénéisé ou provenant de vaches de races jerseyaises (2, p. 177). Elle permet cependant de déterminer, dans une certaine mesure, si la présence de phosphatase dans le lait provient soit d'un chauffage à température trop peu élevée, soit d'une infiltration de lait cru dans le lait pasteurisé (16, p. 240).

6. — Test de la phosphatase.

La phosphatase catalyse l'hydrolyse des monophosphates organiques. Elle agit en milieu alcalin et ses propriétés répondent exactement aux diverses conditions énumérées dans le paragraphe précédent. Le test basé sur la recherche de cette enzyme permet un contrôle rapide et rigoureux de l'efficacité de la pasteurisation au point de vue de la destruction des germes pathogènes. Il est le seul pratiquement retenu de nos jours.

7. — Autres tests.

Il existe d'autres méthodes basées sur des principes différents et qui ont été utilisées, à défaut d'autre chose, au début de la production de lait pasteurisé.

Nous citerons, à titre documentaire :

a) La recherche de l'albumine soluble (2, p. 134), (3, p. 460).

b) Le test microscopique de FROST et MOORE (17).

Ce test est basé sur l'examen microscopique du sédiment obtenu après traitement du lait par une solution spéciale de bleu de méthylène et centrifugation.

D. NATURE ET PROPRIÉTÉS DE LA PHOSPHATASE.

GRAHAM et KAY (18) remarquèrent en 1933, qu'il se produisait dans le lait après la traite, une diminution des esthers phosphoriques solubles dans les acides et une augmentation des phosphates inorganiques. Ces modifications dans la répartition des phosphates du lait n'étant pas inhibées par l'addition de chloroforme, ils émirent et vérifièrent l'hypothèse de la présence d'une phosphatase spécifique d'origine animale à laquelle FOLEY et KAY (19) donnèrent le nom de phosphomonoestérase A_1.

Cette phosphatase agit en milieu alcalin, son pH optimum est environ 10,0 (19), (20), (21) mais dépend quelque peu des autres conditions du milieu.

Elle hydrolyse un grand nombre de monophosphates organiques, notamment les hexosephosphates, les glycérophosphates, les nucléotides et les phénylphosphates, mais la vitesse de l'hydrolyse dépend fortement de la nature du substrat utilisé.

Sa nature et sa structure moléculaire sont peu connues. Certaines de ses propriétés, notamment son comportement vis-à-vis des variations du pH, permettent tout au plus de la comparer aux phosphatases des levures (22). Elle se composerait, dans ce cas, d'un groupement prosthétique et d'une apoenzyme de nature protéinique. Nous n'avons pas cru devoir nous y attarder.

La phosphatase n'est pas liposoluble (23), son activité paraît dépendre de la quantité de phospholipides mais non de la quantité de matière grasse (22). On peut donc supposer qu'elle n'est pas associée à la matière grasse mais bien au film protéinique entourant les globules de matière grasse. Ce serait la raison pour laquelle l'enzyme se rassemble dans le babeurre lors du changement de phase se produisant au cours du barrattage. Cette propriété a d'ailleurs été mise à profit pour la préparation de concentrés de phosphatase (22), (24).

La phosphatase est dans une certaine mesure inhibée par certains ions négatifs tels que les ions phosphates et citrates (25).

Il n'y a pas de relation entre la richesse du lait en bactéries et sa teneur en phosphatase microbienne. Il existe bien des microorganismes provoquant également l'hydrolyse des monophosphates organiques mais ils se rencontrent surtout dans les vieilles crèmes et les vieux beurres. On les trouve rarement dans un lait conservé normalement. Leur présence peut d'ailleurs être décelée par un test spécial (voir plus loin).

L'intérêt suscité par la phosphatase est surtout dû à son comportement vis-à-vis de la chaleur. Nous nous y attarderons donc quelque peu.

On a cru pendant longtemps, que la destruction thermique de l'enzyme se faisant suivant une réaction du premier ordre (26) ,(16), schématisée par la relation

$$-\frac{d\,C}{d\,t} = k_T.\ C \qquad (1)$$

dans laquelle

C désigne la concentration de la phosphatase.

t la durée du chauffage.

k_T la constante de vitesse à la température de T° K.

La relation 1 donne, par intégration

$$ln\ \frac{C_t}{C_0} = -\ k_T.\ t$$

ou

$$\log_{10}\frac{C_t}{C_0} = -\ k'_T.\ t \qquad (2)$$

dans laquelle C_0 désigne la concentration de l'enzyme au temps O et C_t la concentration au temps t.

La relation (2) est représentée par une droite. Elle exprime que le rapport $\frac{C_t}{C_0}$ de la concentration au temps t et de la concentration au temps O diminue proportionnellement avec la durée de chauffage.

Les chercheurs danois (24) ont cependant démontré, par des essais très rigoureux et très précis, qu'il n'en est rien et que la destruction de la phosphatase devait être représentée pour une courbe légèrement concave. Cela signifie donc que k_T diminue au cours du chauffage ou encore que l'enzyme devient de plus en plus difficile à détruire, sa disparition totale peut même exiger un traitement pouvant modifier les propriétés du lait. On pourrait expliquer cette anomalie en supposant l'enzyme hétérogène ou peut-être en admettant une certaine adaptation aux conditions du milieu.

La destruction du bacille tuberculeux n'exige heureusement pas une disparition complète de l'enzyme. Si nous nous référons aux données de Kay et Graham pour la phosphatase, et à celles de North et Park pour le bacille tuberculeux, nous voyons qu'il suffit, pour rendre le lait inoffensif, de détruire 96 % de la phosphatase initiale, ce qui est obtenu par un chauffage modéré.

On doit, néanmoins, exiger une destruction plus complète de l'enzyme car une teneur en phosphatase correspondant à 4 % de la concentration initiale, pourrait provenir, soit du chauffage, qui serait suffisant, soit du mélange de lait plus sévèrement traité avec 4 % de lait cru, ce qui serait inadmissible. De plus, la teneur en phosphatase varie fortement suivant l'origine du lait : l'adoption d'une limite très large obligerait donc à la déterminer dans tous les laits crus correspondant aux échantillons étudiés, ce qui augmenterait considérablement la longueur et le

coût des essais. Nous reverrons cette question lors de la discussion des limites autorisées

La constante de vitesse k obéit cependant à la loi d'Arrhénius (16), (24). Sa variation en fonction de la température est donnée par la relation

$$\frac{d\ln k}{dT} = \frac{A}{RT^2} \tag{3}$$

dans laquelle T est la température absolue, A et R des constantes. Cette propriété de la constante de vitesse a permis aux Danois (24) de déduire une relation entre la durée du chauffage t et une fonction exponentielle de la température absolue $10^{-a \times \frac{1}{T}}$

$$t \times 10^{-a\frac{1}{T}} = 10^{b} \tag{4}.$$

dans laquelle a et b sont des constantes. La valeur de b dépend du pourcentage de phosphatase détruite.

$a = 22.860$
$b = -65{,}12$ pour 99,6 % de phosphatase détruite.

Si on porte en abscisse la durée du chauffage et en ordonnée les valeurs prises successivement par la fonction $10^{-a \times \frac{1}{T}}$ l'aire de la surface délimitée par la courbe ainsi obtenue est égale à 10^{b} et sera donc constante pour un pourcentage donné de phosphatase détruite.

En d'autres termes, nous aurons, toujours dans ce cas.

$$\int 10^{-a \times \frac{1}{T}} \cdot dt = 10^{b} \tag{5}.$$

On conçoit immédiatement l'intérêt que la relation (5) présente pour la pasteurisation H. T. S. T. En effet, il est très difficile, dans ce cas, de tenir compte des périodes de chauffage et de refroidissement qui ne sont cependant pas négligeables par rapport à la période de chambrage. La sécurité excluant toute autre considération, on était amené, jusqu'à présent, à ne considérer que le chambrage, d'où des traitements thermiques plus rigoureux que nécessaires.

Au contraire, l'emploi d'un appareil enregistreur et la détermination de la surface délimitée par la courbe $10^{-a \times \frac{1}{T}} = f(t)$ (au moyen d'un planimètre) permet le contrôle immédiat de l'efficacité de l'*ensemble* du traitement thermique.

Le tableau I donne à partir de ces données quelques durées de températures de chauffage nécessaires pour détruire 99,6 % de la phosphatase initiale.

Conclusion.

La phosphatase alcaline répond presque parfaitement aux conditions énumérées précédemment. Le test basé sur sa recherche permet donc, à priori, un rigoureux contrôle de la pasteurisation du lait à condition toutefois que les méthodes analytiques utilisées pour la détermination de l'enzyme soient d'une sensibilité et d'une précision suffisantes. L'étude de ces méthodes fera l'objet de ce travail.

Tableau I.

	Température °C	Durée du chauffage
	60	55′ 12″
	61	34′ 48″
	62	21′ 34″
T° past. basse	62°8	15′ 24″
	63°	13′ 48″
	64°	8′ 33″
	70	33″
	70° 2	30″
	71	21″4
	71° 8	15″
	72°	13″8
	73°	9″
	74°	5″8
	74°5	4″6
	75°	3″7

E. Méthodes utilisées pour la détermination de l'activité de la phosphatase.

La plupart de ces méthodes se rattachent aux trois suivantes.

1. *La première méthode de* Kay-Graham 1933 (23).

Une certaine quantité de lait est mélangée à une solution de β glycéro-phosphate de sodium tamponnée au moyen de glycine et de soude caustique. Le tout est incubé dans des conditions déterminées. Le phosphore libéré par l'hydrolyse du substrat est dosé colorimétriquement après précipitation sous forme de phospho-molybdate et réduction de ce dernier par l'hydroquinone-sulfite (réactif de Brigg).

Cette méthode a été modifiée et fixée définitivement par Stein en 1937. Elle est encore utilisée sous cette forme dans certains pays (22) (Suède) ; on la désigne dans ce cas sous le nom de test de Kay-Graham et Stein (K-G-S).

2. *La seconde méthode de* Kay-Graham 1935 (27).

Le substrat précédent est remplacé par le phénylphosphate disodique tamponné par le véronal sodique (tampon de Michaelis). Le phénol libéré est utilisé comme indicateur de l'activité enzymatique. Son dosage est réalisé colorimétriquement après formation d'un complexe bleu avec le réactif de Folin-Ciocalteu (complexe phosphotungstique, phospho-molybdique).

Le test de Kay-Graham a surtout été étudié en Angleterre, et tient compte des normes en cours dans ce pays. Il peut toutefois être adapté aux exigences moins sévères des États-Unis (27).

La seule modification importante qu'on y ait apporté est l'addition, préconisée par Neave (28) de métahexaphosphate de soude au réactif de Folin-Ciocalteu. Cette modification permet de supprimer une des filtrations du mode opératoire et diminue considérablement la durée des manipulations.

Cette deuxième méthode est, sauf dans certains cas (présence de bichromate), de loin supérieure à la première, car l'hydrolyse du phénylphosphate est non

seulement plus rapide que celle du glycérophosphate mais le dosage du phénol s'avère beaucoup plus précis et plus rapide que celui du phosphore.

3. *La méthode de* SCHARER (1938) (29).

La méthode de SCHARER utilise également le phénylphosphate disodique comme substrat mais le véronal est remplacé par un tampon borax-soude caustique et le phénol dosé au moyen de la 2-6 dibromoquinonechlorimide (B. Q. C. — réactif de GIBB). Il existe un test rapide pouvant être réalisé sur place (test A) et un test de laboratoire plus long mais plus précis (test B). Son principal avantage réside surtout en la plus grande spécificité et en la plus grande sensibilité de la B. Q. C. par rapport au réactif de FOLIN-CIOCALTEU. Nous verrons plus loin et d'une manière approfondie quels sont les avantages et les défauts respectifs des deux méthodes.

Le test de SCHARER marque une étape importante dans la résolution du problème du contrôle de la pasteurisation du lait. Il a été modifié par plusieurs auteurs, non pas dans ses principes, mais dans certains détails du mode opératoire (nature du tampon, du réactif précipitant, réalisation de la mesure colorimétrique... etc.).

Nous retiendrons notamment :

a) La méthode de ASCHAFFENBURG et NEAVE (30), qui n'est qu'une adaptation de la méthode de SCHARER (U. S. A.) aux exigences de la législation anglaise.

b) La méthode de SANDERS et SAGER (31), (32).

Cette méthode, utilisable pour tous les produits laitiers, est une amélioration et une généralisation de la méthode de SCHARER. Le test de SANDERS et SAGER est, à notre avis, un des meilleurs qu'il soit actuellement possible d'utiliser. Nous verrons quelles en sont les raisons.

c) La méthode de ANDERSEN et VESTESEN (24), (33).

Elle est surtout utilisée au Danemark et dans les pays scandinaves. Elle se différencie essentiellement de la méthode de SCHARER par une incubation à pH peu élevé et par la mesure colorimétrique réalisée après extraction du colorant au moyen d'un solvant organique.

REMARQUES.

Divers tests basés sur l'hydrolyse d'autres monophosphates organiques ont également été étudiés. Ils se caractérisent surtout par la suppression de certaines manipulations et par l'augmentation de la rapidité des essais.

Ils ne sont pas à rejeter à priori mais leur emploi très restreint et le peu de renseignements que nous avons à leur sujet, nous les ont fait provisoirement écarter :

Citons :

a) La méthode de ASCHAFFENBURG et MULLEN (34) dans laquelle le phénylphosphate disodique est remplacé par le phosphate de p. nitrophénol. L'hydrolyse de ce substrat libère du p. nitrophénol, composé jaune, dont la concentration peut être déterminée immédiatement par une mesure colorimétrique.

Cette méthode présente divers inconvénients : elle est moins sensible que les précédentes et le substrat se décompose assez rapidement sous l'influence de la chaleur lorsque les solutions sont chauffées après l'incubation (35).

b) La méthode de HUGGINS et TALAHAY (36) dans laquelle l'activité de la phosphatase est déterminée en dosant la phénolphtaléine libérée par l'hydrolyse

du phosphate de phénolphtaléine. Cette méthode est très élégante mais l'hydrolyse trop lente du substrat paraît la rendre trop peu sensible.

Le phosphate de phtaléine a pourtant été repris récemment par SIMONART P., CHOW K. Y. et HUBERLANT J. comme substrat pour l'exécution d'un test de contrôle sur papier (45).

2me PARTIE. — ESSAIS EXPÉRIMENTAUX

INTRODUCTION.

Nous nous sommes proposé de fixer les conditions d'utilisation des principales méthodes décrites précédemment, de calculer les relations permettant de déterminer l'activité de la phosphatase et d'étudier les divers facteurs pouvant influencer les résultats.

Nous avons porté notre choix sur la seconde méthode de KAY-GRAHAM, et sur les méthodes de SCHARER et de SANDERS-SAGER. Ces trois tests sont les plus utilisés de nos jours et les plus intéressants à priori. Nous essayerons de les comparer et d'en donner les inconvénients et avantages respectifs.

§ 1. — Réalisation des mesures colorimétriques.

Les trois méthodes que nous allons étudier, sont basées sur le dosage du phénol libéré par l'hydrolyse du phénylphosphate disodique. L'intensité de la coloration des solutions préparées pour ces dosages, peut être évaluée par un des procédés suivants :

1° DÉTERMINATION SUBJECTIVE PAR COMPARAISON AVEC DES STANDARDS.

On verse la solution colorée dans un tube de caractéristiques déterminées et on la compare à des solutions standard contenues dans des tubes identiques.

Ces solutions standards peuvent être préparées soit à partir de solutions contenant une quantité connue de phénol, soit à partir de solutions de sels minéraux colorés. Ces dernières sont plus stables et se conservent plus longtemps que les premières. Dans certains cas, on évite les difficultés inhérentes à la préparation des standards en remplaçant ceux-ci par des verres colorés disposés sur un disque pouvant tourner autour de son axe (comparateur de LOVIBOND).

Ces méthodes de détermination sont les plus simples et les plus rapides. Elles sont généralement utilisées dans la pratique courante pour laquelle elles suffisent amplement. Elles fournissent cependant des résultats discontinus et, pour cela, ne conviennent guère pour des déterminations quantitatives ou pour des essais demandant une certaine précision.

Préparation de standards à partir de solutions phénoliques.

Solution phénolique concentrée.

Dissoudre 2 g de phénol P. A. cristallisé, dans 1 litre d'eau distillée fraîchement bouillie. Le titre de la solution est déterminé par un dosage du phénol suivant la méthode de KOPPESCHAAR (36).

Nous avons cependant remarqué, au cours de nos essais, que l'étalonnage n'était nullement nécessaire quand on utilisait un phénol de bonne qualité. L'erreur commise en ne considérant que la pesée, n'a jamais été supérieure à 0,3 %.

Néanmoins, il y a lieu d'effectuer la vérification, si une très grande précision est demandée ou si on a quelque doute quant à la pureté du réactif.

La solution phénolique concentrée gardée au frigo, se conserve pendant au moins deux mois.

Solutions phénoliques diluées.

Ces solutions se préparent en diluant des volumes déterminés de la solution concentrée, avec de l'eau distillée fraîchement bouillie.

Les solutions très diluées (de 1 à 100 γ /ml) ne se conservent pas, et doivent être utilisées dans les huit heures qui suivent leur préparation. La conservation au frigo augmente leur stabilité, mais même dans ce cas, il est nécessaire de les rejeter après 24 heures.

Préparation des standards.

On obtient une série de standard en prélevant un volume déterminé des solutions diluées et en opérant comme pour l'essai proprement dit.

Le nombre des standards dépend des intentions de l'opérateur. Il doit augmenter avec la précision des mesures.

La durée de conservation des standards préparés à partir de solutions phénoliques, dépend de la méthode analytique utilisée ; elle augmente lorsque les tubes sont conservés au frigo, à l'abri de la lumière et des poussières.

2° DÉTERMINATION OBJECTIVE PAR DES MESURES PHOTOMÉTRIQUES OU SPECTROPHOTOMÉTRIQUES.

C'est la méthode la plus précise, convenant particulièrement pour les déterminations quantitatives. La possibilité de tenir compte des résultats obtenus pour les essais à blanc permet l'élimination d'un grand nombre de facteurs de variation.

§ 2. Étude du test de Kay-Graham.

I. PRINCIPE.

La détermination de la teneur en phosphatase peut être schématisée comme suit.

1) Hydrolyse du phénylphosphate disodique dans des conditions déterminées de pH, de température et de durée.

$$C_6H_5 - O - P(=O)(ONa)(ONa) + H_2O \xrightarrow[\text{phosphatase}]{} C_6H_5\,OH + Na_2\,H\,PO_4$$

2) Action du réactif de FOLIN-CIOCALTEU sur le phénol libéré par l'hydrolyse du substrat et formation d'un complexe bleu.

3) Mesure de l'intensité de la coloration développée et calcul de la quantité de phénol libéré.

La solution de substrat est tamponnée par le véronal sodique. Le complexe bleu est obtenu après filtration des protéines, addition de carbonate de soude et chauffage au bain-marie.

II. PRÉPARATION DES RÉACTIFS ET MODE OPÉRATOIRE.

Nous avons adopté les prescriptions actuelles de la législation anglaise (38) en y apportant toutefois certaines modifications préconisées par VAN BEVER et STRAUB (16) et dictées par un souci de précision et d'opportunité.

Ces modifications portent sur les facteurs suivants :

1) *Précipitation et filtration des protéines et matières grasses.*

La méthode anglaise exige la filtration du précipité 3 minutes après l'addition du réactif de FOLIN-CIOCALTEU et la solution n'est filtrée qu'une seule fois. Nous avons préféré suivre les indications de VAN BEVER et STRAUB, c.-à-d. ne filtrer qu'après un repos de 15 minutes et recommencer cette dernière opération une deuxième fois. La précipitation des protéines est meilleure et les filtrats beaucoup plus limpides. De plus, le repos de 15 minutes rend beaucoup plus aisée, la réalisation de nombreux essais en série.

2) *Réalisation du test de contrôle.*

Nous avons effectué, pour chaque échantillon, 4 déterminations parallèles.

1) 0,5 ml lait + 10 ml substrat tampon + 4,5 ml réactif de F-C.
2) 0,5 ml lait + 10 ml eau + 4,5 ml » » »
3) 0,5 ml eau + 10 ml substrat tampon + 4,5 ml » » »
4) 0,5 ml eau + 10 ml eau + 4,5 ml » » »

Soient : P_s : l'extinction observée pour la détermination 1
P_w : » » » » » 2
B_s : » » » » » 3
B_w : » » » » » 4
E_P : l'extinction due au phénol libéré par la phosphatase.
E_L : » » à l'action du lait sur le réactif de FOLIN-CIOCALTEU (thyrosine et tryptophane).
E_S l'extinction due au phénol libéré spontanément par le phénylphosphate disodique.
E_F l'extinction due à la décomposition du réactif de FOLIN.

Nous avons :

$$P_S = E_P + E_L + E_S + E_F$$
$$P_W = E_L + E_F$$
$$B_S = E_S + E_F$$
$$B_W = E_F$$

D'où on tire : $E_P = (P_S - P_W) - (B_S - B_W)$

$$E_F = B_W \qquad E_L = P_W - B_W \qquad E_S = B_S - B_W$$

Cette méthode permet donc d'évaluer toutes les composantes des résultats et convient très bien pour l'étude approfondie du test de KAY-GRAHAM. C'est la méthode de laboratoire par exellence et nous l'avons adoptée pour nos essais. Elle n'est guère plus longue que la méthode classique car dans le cas le plus fréquent de séries assez importantes, les déterminations 3 et 4 sont les mêmes pour tous les échantillons.

3) *Expression des résultats.*

Dans les prescriptions anglaises, l'intensité de la coloration obtenue (et par conséquent la teneur en phosphatase), est déterminée au moyen d'un comparateur et exprimée en unités de LOVIBOND (U. Lov.) Ces unités, choisies arbitrairement sont discontinues, ne sont significatives que pour le test de KAY-GRAHAM et ne permettent pas la comparaison des résultats obtenus par des méthodes différentes. Nous avons donc déterminé les extinctions par des mesures spectrophotométriques et calculé la quantité de phénol libéré par l'hydrolyse du substrat.

III. DOSAGE DU PHÉNOL LIBÉRÉ PAR L'HYDROLYSE DU SUBSTRAT.

1) *Absorption en fonction de la longueur d'onde.*

La courbe donnant la valeur de l'extinction en fonction de la longueur d'onde, présente un maximum à 7.600 Å. Les mesures spectrophotométriques doivent donc être réalisées à cette longueur d'onde. Néanmoins, dans le cas du spectro-

photomètre Beckman, il est préférable d'opérer à 7.500 Å car le maximum ne correspond pas à une graduation du monochromateur.

Si on utilise un photomètre du type SPEKKER de HILGER, il faut choisir un filtre dont l'absorption est minimum dans cette région (filtre W. 608).

2) *Absorption en fonction de la concentration en phénol.*

Conditions expérimentales :

0,5 ml de solution contenant $n\gamma$ de phénol par ml.
10,0 ml d'eau distillée.
4,5 ml de réactif de FOLIN-CIOCALTEU (modifié).
2 ml de carbonate de soude à 14 %.

Mesures spectrophotométriques :

Spectrophotomètre Beckman.
Cellules Corex 1 cm.
Longueur d'onde : 7.500 Å.

Les lectures ont été effectuées après un repos de 2 h 1/2 et les essais réalisés en 4 exemplaires.

Le tableau 2 donne les valeurs moyennes des extinctions obtenues pour chacune des concentrations étudiées.

TABLEAU II.

Blanc : 0,042.

Quantité de phénol mise en œuvre (γ)	2,5	5	12,5	25	50	75	100	125
Valeur moyenne de l'extinction (blanc décompté)	0,022	0,055	0,131	0,252	0,452	0,659	0,853	1,046

Résultats.

La courbe obtenue (fig. 1) peut difficilement être assimilée à une droite. Elle s'infléchit puis devient pratiquement rectiligne à partir d'une teneur déterminée en phénol. La partie rectiligne de la courbe, prolongée jusque l'axe des ordonnées, ne passe pas par l'origine.

C'est une allure assez particulière, à laquelle nous n'avons pu donner une explication satisfaisante car c'est généralement le phénomène inverse qui se produit lorsque la loi de BEER ne se vérifie pas : la courbe est tout d'abord rectiligne puis s'infléchit lorsque l'augmentation de la concentration favorise l'association moléculaire du composé coloré. De là notre étonnement, d'autant plus que VAN BEVER et STRAUB (16) pensèrent avoir vérifié la loi de BEER pour ces solutions et nous aurions douté de nos résultats si d'autres essais antérieu-

rement réalisés avec le photomètre Spekker, n'étaient venus confirmer nos conclusions.

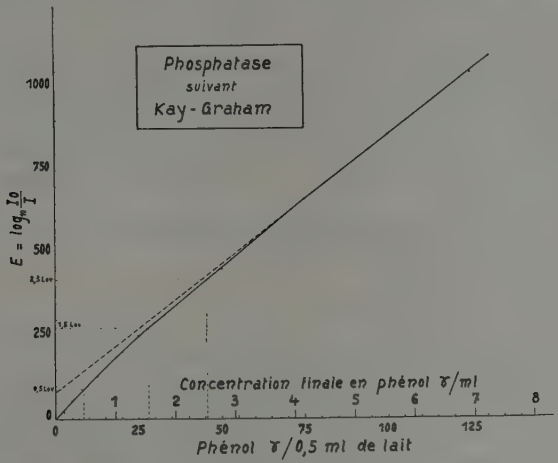


FIG. 1.

Il sera donc nécessaire de recourir chaque fois au graphique pour déterminer la quantité de phénol libéré par l'hydrolyse du substrat.

Relations entre l'extinction à 7.500 Å et le nombre d'unité de Lovibond.

Comparateur de Lovibond : cellule de 2,5 cm.
Spectrophotomètre Beckman : cellule de 1 cm.
mesures à 7.500 Å.

Nous avons évalué l'unité de Lovibond à environ 0,182 unité d'extinction. Cette donnée est approximative et susceptible de certaines modifications car nous avons rarement obtenu des solutions correspondant exactement à un des disques du comparateur.

Nous aurons donc pour les limites admises par la législation anglaise :

Limite pour le test proprement dit : 2,3 u. Lovib. ou E ≅ 0,420
Limite pour le test de contrôle : 1,5 u. Lovib. ou E ≅ 0,275
Limite pour les réactifs : 0,5 u. Lovib. ou E ≅ 0,090

Stabilité de la coloration.

Conservé dans une demi-obscurité, le complexe bleu de FOLIN-CIOCALTEU est stable pendant au moins 24 heures.

IV. Détermination de la teneur en phosphatase du lait cru.

La détermination précise de la teneur en phosphatase du lait cru est assez intéressante, cette donnée intervenant dans les calculs relatifs à la destruction thermique de l'enzyme.

Il est impossible d'opérer pour un lait cru comme pour un lait plus ou moins pasteurisé ; nous obtiendrons des colorations trop intenses, non mesurables quel que soit le procédé colorimétrique utilisé. De plus, il est très probable que les quantités de réactifs mises en œuvre soient insuffisantes pour la concentration enzymatique du lait cru. Ce dernier doit donc être dilué dans des proportions déterminées.

Nous avons envisagé successivement la dilution avec de l'eau et la dilution avec du lait chauffé.

1° *Dilution du lait cru avec de l'eau.*

Nous avons effectué plusieurs séries d'essais avec des solutions de concentrations croissantes en lait cru (de 0,1 à 2 %).

Nous n'avons trouvé aucune proportionnalité entre la quantité de phénol libéré et la concentration en lait cru. Cette conclusion paraît logique car la dilution avec de l'eau modifie le pouvoir tampon de la prise d'essai, le PH des solutions et l'activité de la phosphatase. Elle est partagée par des auteurs danois (24) mais se trouve en nette contradiction avec les résultats de Van Bever et Straub (16) de qui pourtant, nous avons emprunté le mode opératoire.

2° *Dilution du lait cru avec du lait chauffé pendant 1 minute à 85° C.*

Le tableau 3 donne les résultats moyens obtenus pour 3 séries d'essais.

Ces résultats sont exprimés en γ de phénol et ont été multipliés par les facteurs de dilution correspondants, de manière à ce qu'on puisse étudier la valeur obtenue pour la concentration de la phosphatase, en fonction de la dilution du lait cru.

Tableau 3.

Concentration en lait cru	de phénol pour 0,5 ml de lait cru		
%	1	2	3
0,05	—	9.000	9.000
0,1	13.000	8.500	6.500
0,2	11.500	7.750	6.500
0,4	12.000	6.500	6.125
0,6	12.500	6.650	—
1,0	—	—	6.300

Sauf pour les très fortes dilutions, nous obtenons cette fois une proportionnalité satisfaisante entre la quantité de phénol et la concentration en lait cru.

Il est cependant très difficile, à partir de ces résultats, de déterminer la concentration à partir de laquelle il y a proportionnalité et nous pensons qu'il

est prudent de ne pas opérer en dessous de 0,5 % et même de 1 % si l'on veut que le coefficient d'activité de l'enzyme soit le même dans le lait dilué que dans le lait cru.

V. Étude de quelques facteurs pouvant influencer les résultats.

1. *Influence de l'origine et de la durée de conservation du réactif de Folin-Ciocalteu.*

Nous avons comparé les réactifs suivants (réactifs de Folin + hexamétaphosphate de sodium).

a) Sous cachet « Boom Meppel » — conservé depuis plus de 1 an au frigo à 4° C.
b) » » » » » » depuis 2 mois au frigo à 4° C.
c) » » « B. D. H. » — conservé depuis plus de 1 an au frigo à 4° C.
d) Préparé au laboratoire.
e) Préparé au laboratoire mais le mélange avec la solution de métalexaphosphate a été fait une quinzaine de jours avant l'essai.

Conditions expérimentales : 0,5 ml d'eau
10,0 ml d'eau
4,5 ml de réactif de Folin, modifié.
2 ml de carbonate de soude à 14 %.

Le tableau 4 donne les extinctions obtenues pour chacun de ces réactifs. Les essais ont été réalisés en 3 exemplaires mais les résultats moyens ont été seuls retenus.

Tableau 4.

Désignation du réactif	Extinctions
a	0,054
b	0,050
c	0,033
d	0,035
e	0,032

Conclusions.

1) Les différences constatées paraissent provenir de l'origine du réactif plutôt que de la durée de conservation au frigo.

2) La conservation pendant plus d'une année, au frigo à 4° C., ne parait pas modifier les propriétés du réactif. Il ne serait donc pas nécessaire de rejeter celui-ci, après 4 mois, comme l'indiquent les prescriptions de la législation anglaise.

3) Le mélange réactif de Folin-hexamétaphosphate de sodium, se conserve très bien au frigo à 4° C. Des essais ultérieurs nous ont montré que, dans ces conditions, le mélange conserve ses propriétés pendant au moins 2 mois.

2) *Influence de la filtration.*

Nous avons remarqué, au cours des essais précédents, que le réactif de FOLIN-CIOCALTEU subissait une certaine décomposition au cours de la filtration. Cette décomposition augmentait considérablement la valeur des blancs B_s et B_w et nous avons voulu étudier cette question d'un peu plus près.

Voici les résultats obtenus à ce sujet :

Préparation des blancs B_w :

0,5 ml d'eau
10 ml d'eau.
4,5 ml de réactif de FOLIN modifié
10 ml de solution filtrée ou non + 2 ml de Na_2CO_3 à 14 %.

a) 2 filtrations successives sur filtre quantitatif de vitesse moyenne (SCHLEICHER et SCHULL 589, 2).

	Extinction moyenne	*U. lovibond.*
solutions filtrées	0,141	plus de 0,5
» non »	0,026	moins de 0,5 +

b) 2 filtrations sur les filtres précédents mais la seconde filtration après un temps basé sur une comparaison avec témoin réalisé avec du lait.

	Extinction moyenne	*U. Lovibond.*
solutions filtrées	0,241	plus de 0,5
» non »	0,043	moins de 0,5

c) 2 filtrations sur filtre qualitatif rapide (SCHLEICHER et SCHULL 597), la 2^e filtration débutant déjà après le passage de la moitié de la solution.

	Extinction moyenne	*U. Lovibond*
solutions filtrées	0,150	plus de 0,5
» non »	0,072	moins de 0,5

Conclusions.

1° La filtration peut augmenter sensiblement la valeur des déterminations B_s et B_w.

Les différences observées entre les résultats obtenus avec et sans filtration, sont de l'ordre de 0,090 u. d'extinction ce qui correspond à 0,5 u. LOVIBOND. Nous ne pouvons en donner aucune explication acceptable, les filtres étant des filtres quantitatifs, lavés aux acides et la décomposition du réactif ne paraissant pas dépendre de la durée de l'exposition à l'air.

Cela expliquerait pourquoi nous avons toujours obtenu, pour les essais B_s et B_w, des résultats supérieurs à la norme proposée par KAY-GRAHAM (0,5 u. Lovib.).

2° L'influence de la filtration devient évidemment négligeable si les blancs sont retranchés des résultats car les deux termes des différences P_s-P_w et B_s-B_w sont également affectés par la décomposition du réactif de FOLIN. Les différences observées dans ce cas entre les résultats obtenus avec et sans filtration, n'ont jamais été supérieures à 0,1 u. de Lov. ce qui est de l'ordre de grandeur des erreurs d'expériences.

3° Dans le cas où la valeur du blanc n'est pas retranchée (méthode originale de KAY-GRAHAM), on peut se demander si la décomposition observée plus haut est encore acceptable et si nous ne devrions pas utiliser d'autres filtres, à moins toutefois que les protéines du lait en colmatant le filtre, ne les ramèneraient dans des limites acceptables.

3) *Influence de la durée de l'ébullition (développement de la coloration).*

Exemple	*Durée de l'ébullition*	*Extinction (moyenne)*
	1 minutes	0,0280
	2 minutes	0,275
	3 minutes	0,276
	5 minutes	0,284

4) *Influence du mode de réalisation des essais à blanc.*

Nous avons vérifié que les résultats obtenus à partir des 4 déterminations P_s, P_w, B_s et B_w ne différaient nullement des résultats fournis par la méthode classique (P_s incubé-P_s non incubé).

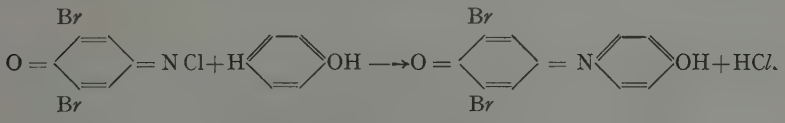
§ 3. Étude du test suivant Scharer.

I. PRINCIPE.

Le test de SCHARER comporte les trois opérations suivantes :

1) Hydrolyse du phénylphosphate disodique.

2) Action de la 2-6 dibromoquinonechlorimide sur le phénol libéré par l'hydrolyse du substrat et formation d'indophénol (bleu).



Tous les facteurs intervenant dans cette réaction ont été étudiés par GIBB(42).

3) Mesure de l'intensité de la coloration développée et calcul de la quantité de phénol libéré.

Le test de SCHARER se différencie en outre du test de KAY-GRAHAM par le choix du tampon (borax-soude caustique) et par l'introduction d'un défécant (acétate basique de plomb).

II. Préparation des réactifs et mode opératoire.

Nous avons adopté les prescriptions de Scharer (29) sans y apporter aucune modification.

III. Dosage du phénol libéré par l'hydrolyse du substrat.

A. *Absorption en fonction de la longueur d'onde.*

Le mode opératoire de Scharer ne prévoit pas l'extraction du colorant par l'alcool butylique mais comme nous avons rencontré dans la littérature, des méthodes préconisant cette extraction avec ou sans filtration de la solution organique, nous avons établi une courbe $E = f(\lambda)$ pour la solution aqueuse, pour la solution butylique non filtrée et pour la solution butylique filtrée.

Conditions expérimentales.

1) *Solution aqueuse* (fig. 2).

10 ml de solution contenant 2 γ de phénol par ml.
0,5 ml de tampon borax-soude caustique.
0,08 ml (320 γ) de B. Q. C.

Début des lectures 30 minutes après addition de la B. Q. C. Pour l'essai à blanc les 10 ml de solution phénolique étaient remplacés par 10 ml d'eau.

2) *Solution butylique non filtrée* (fig. 3).

20 ml de solution à 2 γ phénol par ml.
1 ml de tampon borax-soude caustique.
0,16 ml. (640 γ) de B. Q. C.

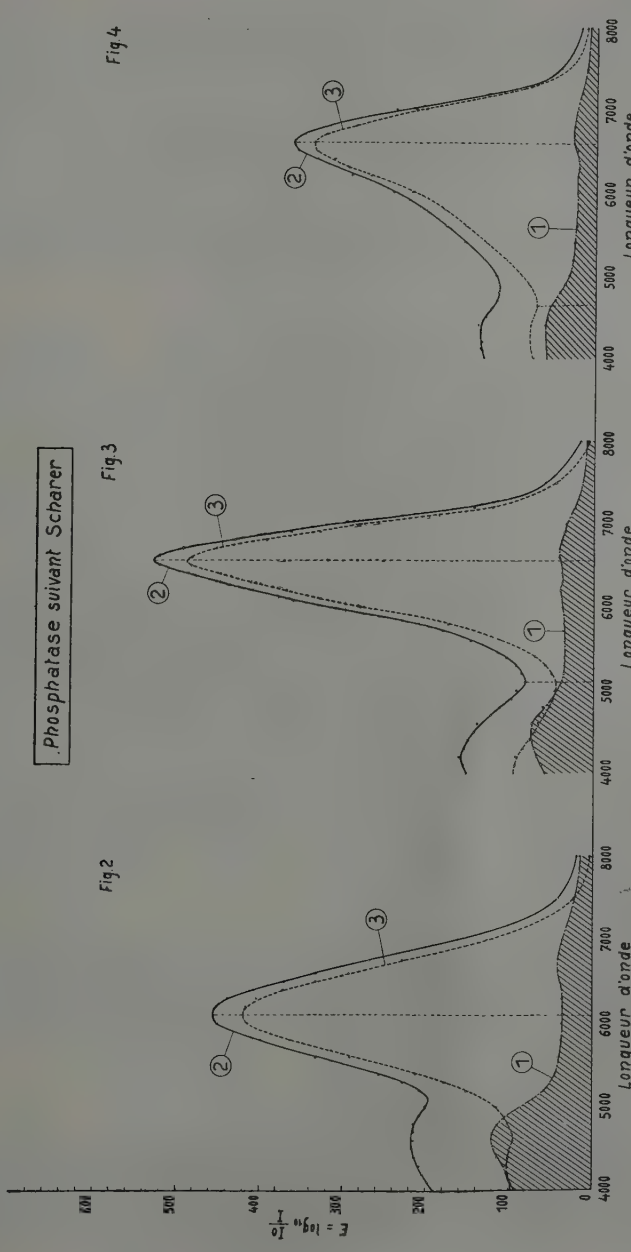
Après 30 minutes de repos, addition de 20 ml de butanol, agitation, centrifugation et décantation.

Pour l'essai à blanc les 20 ml. de solution phénolique étaient remplacés par 20 ml d'eau.

Fig. 2. — En solution aqueuse.
1 Blanc par rapport à l'eau distillée.
2 Solution colorée par rapport à l'eau distillée.
3 En solution colorée par rapport au blanc (calculée).

Fig. 3. — En solution butylique séparée par centrifugation.
1 Blanc par rapport à l'alcool butylique pur.
2 Solution colorée par rapport à l'alcool butylique pur.
3 Solution colorée par rapport au blanc.

Fig. 4. — En solution butylique séparée par filtration.
1 Blanc par rapport à l'alcool butylique pur.
2 Solution colorée par rapport à l'alcool butylique pur.
3 Solution colorée par rapport au blanc (calculée).



Voir légendes au bas de la page précédente.

3) *Solution butylique filtrée* (fig. 4).

Extraction après 20 minutes de repos, par 10 ml d'alcool butylique. Centrifugation.

La solution butylique a été après la centrifugation, filtrée sur filtre SCHLEICHER et SCHULL n° 289,2.

Remarque.

Un blanc a été réalisé pour chacun de ces essais et sa valeur soustraite des extinctions obtenues pour les solutions phénoliques.

Conclusions.

1° La solution aqueuse est bleu-verdâtre, elle présente un maximum d'absorption à 6.100 Å.

Les solutions butyliques sont franchement verdâtres, leur maximum d'absorption se situe vers 6.600 Å.

Si les mesures sont effectuées au moyen d'un spectrophotomètre, il faudra donc opérer à ces longueurs d'onde. Dans le cas du photomètre SPEKKER de HILGER, nous devrons utiliser le filtre W. 607 pour les solutions aqueuses et le filtre W. 608 pour les solutions butyliques.

2° La filtration de la solution butylique modifie non seulement l'absorption spectrale du colorant, mais également la valeur du coefficient d'extinction à 6.600 Å. Nous avons observé en outre, une modification de la coloration du filtrat au cours de la filtration. Les premières portions sont incolores ou rosées puis se colorent de plus en plus. La coloration verdâtre réapparaît par addition d'une goutte de tampon borax-soude caustique.

On peut supposer que la filtration s'accompagne d'une adsorption d'électrolyte à la surface du filtre. Cette adsorption provoque une diminution de pH et par conséquent une transformation tautomérique du bleu d'indophénol. L'hypothèse de la présence d'impuretés doit être écartée puisqu'il s'agit de filtres quantitatifs lavés aux acides.

Il apparaît donc clairement que la filtration de la solution butylique ne soit pas à conseiller :

3° Le siphonage de la solution butylique doit se faire avec soin. Il se forme en effet, à la surface de séparation des deux liquides, un disque gélatineux insoluble dans l'alcool. Des fragments de ce disque peuvent être entraînés au cours du siphonage et provoquer de grossières erreurs dans les mesures colorimétriques.

B. *Stabilité de la solution d'indophénol.*

Nous avons remarqué, au cours des essais précédents, que les solutions colorées obtenues par la méthode de SCHARER n'étaient pas stables et que leur absorption augmentait avec le temps. Les variations sont moins importantes lorsque le colorant est extrait par l'alcool butylique.

Nous avons pu prouver que l'augmentation de l'absorption n'était pas due à l'instabilité de l'indophénol, mais à la décomposition de la dibromoquinone-chlorimide en excès. Nous reverrons cette question lors de l'étude du test de SANDERS et SAGER.

Nous soulignons toutefois, dès à présent, la nécessité d'effectuer un essai à blanc pour chaque détermination. La correction se fait, soit directement en introduisant le blanc dans la cellule de référence, soit indirectement en soustrayant la valeur de son extinction du résultat obtenu pour le test proprement dit. Dans ce dernier cas, la cellule de référence contient de l'eau distillée et les deux mesures sont effectuées simultanément

C. *Détermination de la quantité de dibromoquinonechlorimide.*

La quantité de dibromoquinonechlorimide prévue dans le mode opératoire de SCHARER, a été établie pour des essais effectués sur des laits ayant subi une certaine pasteurisation et ne libérant qu'une quantité réduite de phénol. Il était donc nécessaire de vérifier si les hautes teneurs en phénol prévues pour les essais d'étalonnage, n'exigeraient pas de plus grandes quantités de réactif.

Conditions expérimentales.

10 ml de solution contenant respectivement 1, 2 et 5 γ de phénol par ml.
0,5 ml de tampon borax soude.
Lecture 30 minutes après l'addition de la B. Q. C.
Spectrophotomètre Beckman — 6.100 Å — cellule 1 cm.
Les valeurs des essais à blanc ont été soustraites des résultats.
Les variations de l'extinction en fonction de la quantité de B. Q. C. sont données par la fig. 5.

Nous avons évalué à partir de ces données, la valeur minimum de la quantité de réactif en fonction du nombre de gammas (γ) de phénol contenu dans 5 ml de solution c.-à-d. en fonction du nombre d'unités définies par SCHARER (unités Scharer) tableau.

TABLEAU 5.

Unités Scharer ou phénol/5 mlPoids	minimum de solution de B. Q. C. pour 5 ml.	Volume minimum de solution à 40 mg/10 ml.
5	80	0,02
10	120	0,03
25	240	0,06

D. *Absorption en fonction de la concentration en phénol en solution aqueuse.*

Les données de la méthode de SCHARER ont été multipliées par 4 afin de pouvoir disposer d'un volume assez grand de solution.

20 ml de solution phénolique contenant 0,2-0,5-1-2-5 ou 10 γ phénol/ml.
1 ml de tampon borax-soude caustique.
n gouttes de B. Q. C. Solutions à 0,2-0,5-1 et 2 γ phénol/ml : 8 gouttes.
Solution à 5 γ/ml : 12 gouttes.
» à 10 γ/ml : 24 gouttes.
Spectrophotomètre Beckman — λ = 6.100 Å cellule corex de 1 cm.
Les valeurs de blancs ont été décomptées.
Les essais ont été réalisés en 4 exemplaires.

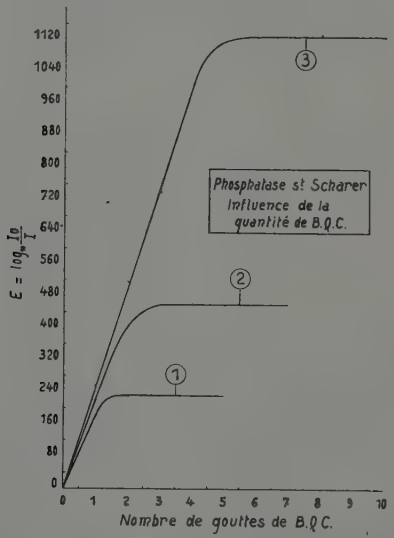


FIG. 5. — (1) 10 ml sol. à 1 γ phenol/ml + 0,5 ml tampon
(2) 10 ml sol. à 2 γ » » »
(3) 10 ml sol. à 5 γ » » »
Sol (1) à 5 unités Scharer
Sol (2) à 10 unités Scharer
Sol (3) à 25 unités Scharer
1 goutte de B. Q. C. = 0,02 ml = 80 γ de B. Q. C.

Le tableau 6 donne la valeur moyenne de l'extinction en fonction du nombre d'unités SCHARER correspondant aux quantités de phénol mises en œuvre. Nous y avons également indiqué le poids de phénol libéré par 0,5 ml de lait. Il s'obtient en multipliant le nombre d'unités SCHARER par le facteur 1,11 $\left(1/2 \times \frac{11,1}{5}\right)$.

La solution d'indophénol obéit à la loi de BEER (fig. 6). Il ne sera donc plus nécessaire de recourir au graphique pour déterminer la quantité de phénol libéré par l'hydrolyse du phénylphosphate disodique.

TABLEAU 6.

Unités Scharer	γ phénol pour 0,5 ml de lait	extinction
1	1,11	0,047
2,5	2,78	0,120
5	5,55	0,236
10	11,10	0,469
25	27,75	1,166
50	55,50	2,309

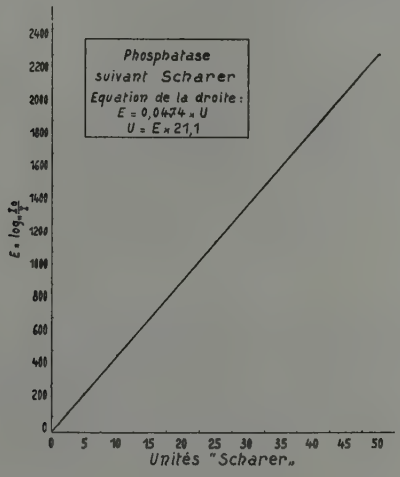


FIG. 6.

Remarque.

Les extinctions obtenues pour les solutions contenant 5 et 10 γ de phénol par ml ont été multipliées par un facteur qui tient compte du plus grand volume de B. Q. C. Les résultats ci-dessus ne sont donc valables que dans les conditions habituelles du test de SCHARER (0,04 ml de B. Q. C. pour 5 ml de filtrat).

Les corrections dues aux variations du volume de B. Q. C. sont cependant négligeables dans la pratique courante.

E. *Relations entre l'extinction, le nombre d'unités* SCHARER *et le poids de phénol libéré par* 0,5 *ml de lait.*

1) *Équation de la droite* $E = f$ *(phénol).*

Pour exprimer la relation mathématique existant entre l'extinction et la concentration en phénol, nous n'avons pas cru nécessaire d'appliquer le procédé classique basé sur le principe des moindres carrés.

Nous avons retenu les résultats pour lesquels les erreurs expérimentales se

rapprochent le plus de la valeur minimum. Nous avons calculé pour chacun d'eux la valeur du coefficient d'extinction correspondant et nous avons effectué la moyenne de ces derniers.

Si nous désignons par E, la valeur de l'extinction et par U_{Sch}, le nombre d'unités SCHARER, nous obtenons ainsi.

$$E = 0{,}0474 \times U_{Sch} \qquad (1)$$

2) *Calcul du nombre d'unités* SCHARER.

De la relation (1) nous tirons

$$\boxed{U_{Sch.} = E \times 21{,}1} \qquad (2)$$

3) *Calcul du poids de phénol libéré par 0,5 ml de lait.*

Sachant que l'unité SCHARER correspond à 1,11 γ de phénol pour 0,5 ml de lait nous aurons.

$$\boxed{\text{Phénol}_{\gamma/0{,}5\ ml} = E \times 23{,}4} \qquad (3)$$

Remarque.

Nous avons immédiatement constaté que la méthode de SANDERS-SAGER était à priori supérieure à la méthode de SCHARER. Il était donc inutile de l'étudier d'une façon plus approfondie et d'effectuer des essais avec du lait. Les résultats ci-dessus sont cependant très utiles pour la comparaison avec les autres méthodes et l'utilisation des données de la littérature.

§ 4. Étude du test de Sanders et Sager.

I. PRINCIPE.

Le test de SANDERS et SAGER est une amélioration et une généralisation du test de SCHARER dont il conserve d'ailleurs les principales caractéristiques. Il se différencie de ce dernier par l'expression des résultats ainsi que par le choix des tampons et du réactif précipitant.

II. PRÉPARATION DES RÉACTIFS ET MODE OPÉRATOIRE.

Nous avons retenu la méthode décrite par SANDERS et SAGER (32) (en préparant toutefois le substrat avec 110 mg de phénylphosphate au lieu de 100 mg / ml), mais nous avons préféré remplacer les tampons métaborate I-*b* (Color development buffer) et I-c (color dilution buffer) par un autre tampon équivalent.

Le métaborate de sodium est en effet un produit peu courant et il est à craindre que la méthode de SANDERS et SAGER, pourtant bien intéressante,

ne soit écartée systématiquement par le seul fait des longs délais exigés pour la fourniture de ce produit. Une autre raison, plus importante encore, nous a conduit à cette substitution. Le pH du tampon, préparé au laboratoire suivant les données de SANDERS et SAGER, ne correspondait nullement aux indications de ces auteurs. Il variait suivant l'origine du métaborate et ne paraissait pas se baser sur des considérations théoriques.

Voici les résultats que nous avons obtenus à ce sujet :

— tampon préparé à partir d'un produit d'origine indéterminée répondant à la formule $Na\ BO^2$ 2aq (vérifiée par dosage du sodium, du bore et de l'eau) : pH 9,40.
— tampon préparé à partir d'un produit B. D. H. supposé répondre à la formule $Na\ BO^2$: pH 10,80.

Ces valeurs sont à comparer au chiffre indiqué par SANDERS et SAGER (9, 8) et au résultat du calcul basé sur l'hydrolyse du produit hydraté $Na\ HBO_3$ (11,1). L'écart avec le pH théorique nous aurait conduits à supposer un comportement différent des ions BO_2 et H_2BO_3 si KOLTHOFF (39) n'avait également effectué un tel calcul et considéré le métaborate en solution aqueuse comme répondant à la formule NaH_2BO_3.

Il est possible que cette anomalie soit due à des facteurs que nous ignorons. Dans ce cas, il suffira de reconsidérer l'emploi du métaborate sans que, pour cela, nos conclusions relatives à la méthode ne soient mises en défaut. Nous verrons en effet que la nature du tampon ne modifie pas les résultats colorimétriques et qu'il est permis de supposer que l'emploi du tampon métaborate se justifie surtout par sa grande simplicité de préparation.

Ceci étant, nous avons étudié deux tampons permettant de ramener à une valeur proche de 9,4, les 10 ml du filtrat de la précipitation des protéines et matières grasses.

1) *Préparation d'un tampon borax-carbonate de sodium :* pH 9,6.

Dissoudre 8,500 g de borax $Na_2B_7.O_4.10\ H_2O$ et 2,942 gr de carbonate de sodium anhydre dans environ 800 ml d'eau distillée fraîchement bouillie. Chauffer si nécessaire. Refroidir et porter à 1 litre. Conserver en flacon bien bouché.

2) *Préparation d'un tampon acide borique-soude caustique :* pH 9,8.

Dissoudre 4,652 g d'acide borique et 20 g de chlorure de sodium dans environ 600 ml d'eau distillée fraîchement bouillie. Ajouter ensuite lentement, 2.533 g de soude caustique sous forme de solution décarbonatée environ 2 N. Porter à 1 litre avec de l'eau bouillie et conserver en flacon bien bouché.

Les quantités de réactifs ont été calculées d'après les données de CLARK (40). Il a été toutefois nécessaire d'augmenter la quantité de soude caustique du second tampon pour compenser la légère diminution de pH à la haute teneur en Na Cl (non prévue par CLARK et LUBS).

Décarbonatation de la soude caustique (40) (41).

Dissoudre 100 g de soude caustique dans 100 ml d'eau distillée. Utiliser si possible un cylindre avec bouchon rodé. Laisser décanter une nuit. Le carbonate de soude, insoluble dans cette solution, se dépose au fond du cylindre. Filtrer sur verre fritté. Pipetter une quantité suffisante de réactif (environ 95 ml) pour préparer 1 litre de solution. Opérer rapidement et utiliser de l'eau distillée fraîchement bouillie.

Avantages et inconvénients de ces deux tampons.

Le tampon borax-carbonate de sodium est très facile à préparer et se conserve sans précautions abusives. Malheureusement, il n'est utilisable que si presque tous les ions baryum ont été entraînés dans le précipité de protéines et de matières grasses. Sinon il se forme du carbonate de baryum, insoluble, qui interfère lors des mesures colorimétriques. Il donne d'excellents résultats avec les essais sur laits frais pour lesquels on utilise le tampon « baryum borate-hydroxide » dilué (1 : 1), mais ne convient pas pour les laits acides qui exigent un tampon baryum non dilué (voir 21, page 912). Nous ignorons quel est son comportement pour les autres produits laitiers mais il est très probable qu'il ne puisse être utilisé dans ces cas.

Le tampon acide borique-soude caustique, est utilisable dans tous les cas. Il est toutefois plus difficile à préparer que le précédent et la fixation rigoureuse de son pH exige soit une décarbonatation de la soude caustique, soit un ajustement au moyen du pH mètre.

Conclusions : Choix du tampon approprié.

1) Essais en série sur des laits frais : tampon borax-carbonate de soude.
2) Essais sur des laits acides ou sur des produits de qualités diverses : tampon acide borique-soude caustique.
3) Essais sur les autres produits laitiers : à déterminer mais dans l'incertitude, tampon acide borique-soude caustique.

Remarque.

On pourrait s'étonner de ce que nous n'ayons pas prévu de chlorure de sodium dans la composition du tampon borax-carbonate de sodium. Nous avons trouvé la chose inutile car l'interférence des produits jaunâtres n'est guère importantes dans le cas où ce tampon est utilisé.

III. Dosage du phénol libéré par l'hydrolyse du substrat.

A. *Absorption en fonction de la longueur d'onde.*

Les courbes d'absorption en milieu aqueux et en milieu butylique présentent un maximum aux mêmes longueurs d'onde que pour le test de Scharer. Les mesures colorimétriques devront donc être réalisées dans les mêmes condi-

tions que pour ce dernier, c.-à-d. 6.100 Å ou filtre de SPEKKER W. 607 pour la solution aqueuse, 6.600 Å ou filtre W. 608 pour la solution butylique.

Cependant si les maxima correspondent, il n'en est pas de même des autres caractéristiques des courbes qui varient considérablement suivant le procédé utilisé. La méthode de SCHARER conduit à des solutions aqueuses bleu-verdâtre, se salissant rapidement, tandis que la variante de SANDERS fournit des solutions d'un beau bleu, conservant longtemps leur pureté de coloration.

Ces caractéristiques différentes peuvent influencer le choix d'une méthode déterminée car, dans la pratique courante, l'appréciation des colorations se fait souvent par comparaison avec des standards. Nous nous y sommes donc attardés.

B. *Analyse spectrale des solutions obtenues suivant les procédés de* SCHARER *et de* SANDERS-SAGER.

1) *Caractéristiques des courbes d'absorption.*

Nous n'avons pas voulu limiter nos comparaisons aux deux seules courbes obtenues après 30 minutes en utilisant le blanc dans la cellule de référence. Si on peut dans ce cas étudier le comportement du bleu d'indophénol, aucune conclusion n'est permise quant à l'importance des autres facteurs intervenant dans la coloration et à leur variation en fonction du temps.

Nous avons donc établi, pour chacun des deux cas envisagés, les courbes d'absorption de la solution proprement dite, du blanc et, par calcul, du bleu d'indophénol. Ces courbes ont été obtenues de la manière habituelle mais avec de l'eau distillée dans la cellule de référence.

L'influence du temps a été mise en évidence en effectuant les deux séries de courbes une première fois 30 minutes après l'addition de dibromoquinonechlorimide, une seconde fois après 3 H. 30.

La solution « Scharer » a été préparée comme pour les essais d'étalonnage, (voir étude du test de SCHARER) ; la solution « Sanders » suivant le mode opératoire prévue par les auteurs pour la préparation de leurs standards (32).

(avec tampon I-c ou « color dilution buffer »).

Observations tirées de l'examen des courbes d'absorption figures 7-8-9 et 10.

1) Absorption totale — courbes 1 — $E_s = f(\lambda)$

SCHARER : présence d'un second maximum vers 4.600 Å et, en général, forte absorption dans le bleu et le vert.

Après 3 h 30, mêmes caractéristiques mais forte augmentation de l'absorption dans le bleu.

Après 3 h 30 mêmes caractéristiques mais l'absorption dans le bleu devient importante.

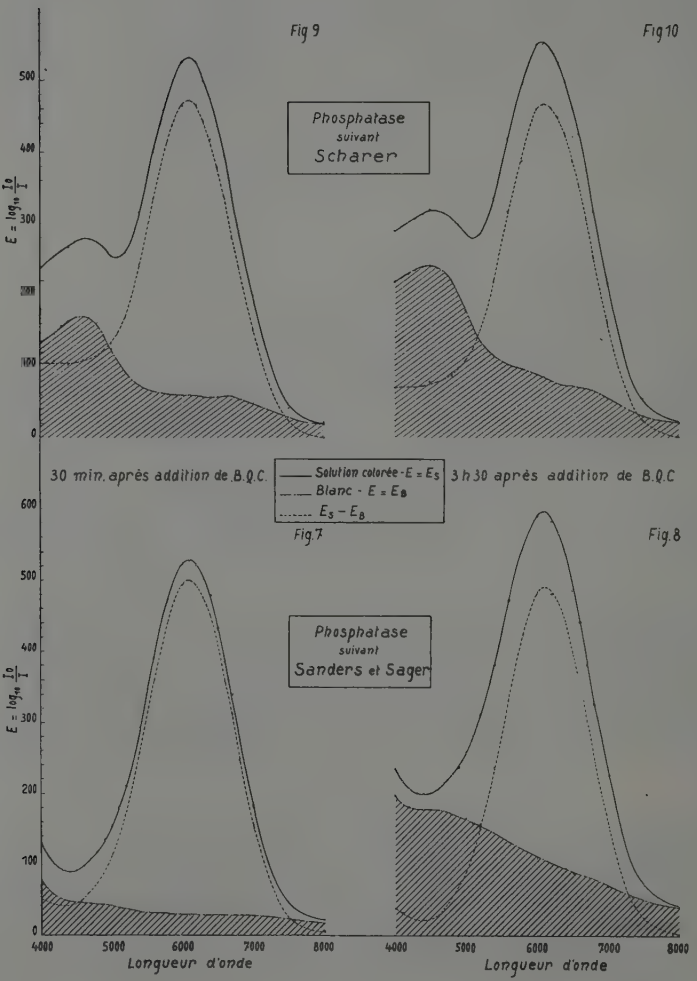


Fig 9
Fig 10
Phosphatase
suivant
Scharer
$E = \log_{10} \frac{I_0}{I}$
500
400
300
200
100
0
30 min. après addition de B.Q.C.
3 h 30 après addition de B.Q.C
Solution colorée - $E = E_s$
Blanc - $E = E_B$
$E_s - E_B$
Fig. 7
Fig. 8
Phosphatase
suivant
Sanders et Sager
600
500
400
300
200
100
0
4000
5000
6000
7000
8000
Longueur d'onde
Longueur d'onde

2) Absorption du blanc — courbes 2 $E_s = f(\lambda)$.

SCHARER : absorption maximum à 4.600 Å.
l'absorption dans le bleu, déjà très forte après 30 minutes, devient considérable après 3 h 30.

SANDERS : l'absorption décroît régulièrement de 4.000 à 8.000 Å. Elle est en général beaucoup moins forte que pour l'autre méthode, sauf après un repos de 3 h 30.

3) Absorption du bleu d'indophénol — courbe 3 $E_s - E_B = f(\lambda)$.

Les courbes d'absorption sont évidemment les mêmes que dans les cas de l'utilisation directe du blanc dans la cellule de référence, la solution « Sanders » se distinguant par la présence d'un léger minimum à 4.400 Å et en général, par une très faible absorption dans le bleu. Elles ne varient guère avec le temps. On peut même observer, après 3 h 30, une légère diminution de l'absorption dans le bleu. Cette diminution est fictive et ne doit pas être attribuée au colorant. Il ne faut pas oublier, en effet, que la quantité de B. Q. C. transformée en indophénol, n'est nullement négligeable par rapport à la quantité totale de réactif et que de ce fait les deux termes de la différence $E_s - E_B$ ne sont pas également affectés par la décomposition de la B. Q. C. en excès. L'erreur est inévitable et n'a aucune conséquence pratique.

Il apparaît donc que les conditions du milieu peuvent influencer non seulement la vitesse et le mode de décomposition de la B. Q. C., mais également les propriétés d'absorption spectrale du bleu d'indophénol.

Nous avons voulu toutefois vérifier si ces différences dans le comportement du colorant, n'étaient pas apparentes et si l'allure des courbes ne devait pas plutôt s'expliquer par la présence de produits de décomposition de la B. Q. C. Pour cela, nous avons préparé deux solutions comme précédemment mais avec un excès de phénol tel que toute la B. Q. C. soit pratiquement combinée avec ce dernier et que sa décomposition puisse être négligée. Les courbes ainsi obtenues (fig. 11) confirment les observations précédentes.

2. Facteurs influençant l'absorption spectrale des solutions.

a) *Influence du pH.* (fig. 12 et 13).

L'augmentation du pH accélère la décomposition de la B. Q. C. en excès mais ne modifie pas l'allure générale des 3 courbes d'absorption.

b) *Influence de la nature du tampon utilisé* (fig. 9-12 et 14).

La nature du tampon n'influence pas le comportement de l'indophénol. Elle intervient cependant dans le mode de décomposition de la B. Q. C. et peut, de ce fait, modifier l'allure des courbes Es et EB dans la région du bleu. Son action est négligeable. Elle peut être attribuée soit à une modification de la force ionique du milieu, soit à l'action spécifique de certains ions.

c) *Influence des ions cuivre* (fig. 14 et 15).

Les solutions préparées selon les indications de SANDERS et SAGER mais sans addition de sulfate de cuivre, fournissent toujours des courbes d'absorption en tous points comparables aux courbes obtenues suivant la méthode de SCHARER.

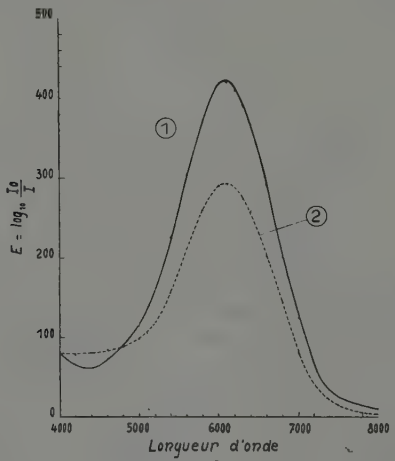


FIG. 11. — Courbe E = f (×) du bleu d'indophénol avec excès de phénol, sans excès de B. Q. C.

(1) suivant Sanders
(2) suivant Scharer
Eau distillée dans la cellule de référence.

d) *Influence des ions zinc.*

Le zinc est également prévu dans la préparation du réactif précipitant mais ne possède pas les propriétés du cuivre.

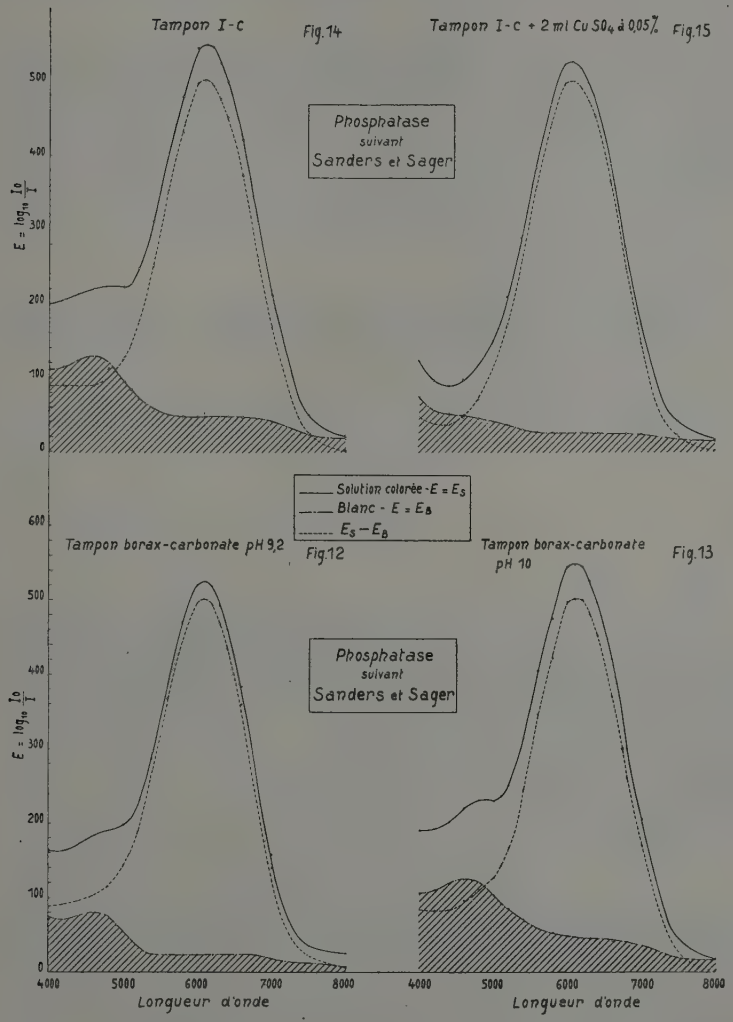
e) Influence du lait.

Les essais réalisés en présence de lait n'ont infirmé aucune des observations précédentes quoique presque tout le cuivre ait été entraîné dans le précipité des protéines et matières grasses.

Les propriétés caractéristiques des solutions SANDERS et SAGER doivent être attribuées à l'action spécifique des ions cuivre, action se manifestant déjà pour des concentrations de l'ordre de grandeur du produit de solubilité de l'hydrate de cuivre.

Conclusions.

1) La méthode de SANDERS et SAGER permet, en dehors de toute autre


Tampon I-C
Fig.14
Tampon I-C + 2 ml Cu SO4 à 0,05%
Fig.15
Phosphatase
suivant
Sanders et Sager
E = log10 I0/I
Solution colorée - E = ES
Blanc - E = EB
ES − EB
Tampon borax-carbonate pH 9,2
Fig.12
Tampon borax-carbonate
pH 10
Fig.13
Phosphatase
suivant
Sanders et Sager
Longueur d'onde
Longueur d'onde

considération, une meilleure appréciation visuelle de l'intensité des colorations. Elle convient particulièrement pour les déterminations par comparaison avec des standards.

2) Dans le cas de mesures spectrophotométriques très précises, il est nécessaire d'utiliser un excès suffisant de dibromoquinonechlorimide. L'erreur systématique commise par suite d'un excès insuffisant de réactif est plus importante dans la méthode de SCHARER que dans la méthode de SANDERS et SAGER.

En effet, soient à un temps déterminé.

E_S l'extinction totale de la solution colorée.
E_B l'extinction du blanc.
E_I l'extinction de l'indophénol.
E_R l'extinction de la totalité de la B. Q. C.
A le rapport de la quantité de B. Q. C. non combinée et de la quantité totale de ce réactif.

Nous avons :

$$E_S = E_I + A.\,E_R \qquad (1)$$
$$E_B = E_R \qquad (2)$$

d'où :

$$E_S - E_B = E_I - (1 - A)E_R \qquad (3)$$

On commet donc une erreur systématique, par défaut, égale à $(1 - A)\,E_R$. Cette erreur est plus élevée pour la méthode de SCHARER (ER plus élevé) et sera d'autant moins importante que A sera proche de l'unité ou, dans d'autres termes, que la quantité de B. Q. C. mise en œuvre sera grande par rapport à la quantité de réactif combiné au phénol.

3) Les déterminations spectrophotométriques précises doivent être faites dans un délai assez court (de 30 à 60 minutes).

ER augmente avec le temps et nous pouvons conclure de la relation (3) que les résultats doivent nécessairement diminuer.

Exemple : Nous avons obtenu, précédemment, pour des solutions suivant SANDERS (fig. 12 et 13).

Après 30 minutes : $E_B = E_R = 0{,}030$.
Après 3 h. 30 minutes : $E_B = E_R = 0{,}100$.
Poids de B. Q. C. mise en œuvre (0,2 ml de solution à 40 mg /10 ml) : 800 γ
Poids de phénol » » » (20 ml de solution à 2 γ /ml) : 40 γ.

D'où, par calcul : $A = \frac{670}{800} = 0{,}84$ (voir relation stéchiométrique).

Nous aurons donc :

a) Après 30 minutes : $E_s = E_I + 0{,}84 \times 0{,}030$

$$E_s = E_I + 0{,}025$$

$$E_s - E_B = E_I - 0{,}005 \quad (4)$$

b) Après 3 h. 30 minutes : $E_s = E_I + 0{,}84 \times 0{,}100$

$$E_s = E_I + 0{,}084$$

$$E_s - E_B = E_I - 0{,}016 \quad (5)$$

L'erreur commise est donc de 0,005 unités après 30 minutes et de 0,016 unités après 3 h 30. Le résultat de la détermination spectrophotométrique doit donc nécessairement diminuer de 0,011 unité, ce que nous avons d'ailleurs constaté expérimentalement (diminution de 0,010 unité).

Remarque.

Ces erreurs sont assez faibles mais il est à noter que nous avons utilisé un excès assez important de B. Q. C. (670 γ pour une quantité totale de 800 γ).

4) Si l'intensité de la coloration est déterminée subjectivement il faut au contraire réduire le plus possible la quantité de B. Q. C. en excès.

Cette réduction est surtout nécessaire si le test est réalisé par la méthode de SCHARER.

C. *Développement et stabilité de la coloration.*

1) *Développement de la coloration.*

La vitesse de formation de l'indophénol varie considérablement avec la température et avec le pH (42).

Il est donc prudent, si les déterminations colorimétriques sont effectuées après 30 minutes, de ne pas opérer en dessous de 20° C. En hiver, il sera peut-être utile de placer les tubes à essais dans un thermostat.

Quant au pH, il ne faut pas qu'il soit inférieur à 9,2. Sa valeur optimum est de 9,4 ; un pH plus élevé favorise inutilement la décomposition de la B. Q. C. en excès.

2) *Stabilité de la coloration.*

Nous avons déjà remarqué lors de l'étude du test de SCHARER et des essais précédents, que les solutions contenant un excès de B. Q. C. ne sont pas stables. Cette instabilité n'est pas imputable à l'indophénol mais à la décomposition progressive de la B. Q. C., décomposition qui dépend de facteurs tels que le pH et la présence de certions ions (Cu**).

Il y a donc lieu d'effectuer les déterminations subjectives le plus tôt possible (après 30 minutes) afin de réduire les interférences au minimum.

Les déterminations objectives demandent moins de précautions car il est possible de tenir compte de ces interférences en effectuant un essai à blanc.

Nous avons, cependant, vu que la différence $E_s - E_B$ était affectée d'une cer-

taine erreur par défaut. Cette erreur augmente avec le temps et est d'autant plus élevée que l'excès de B. Q. C. se décompose plus rapidement. On doit donc s'attendre à ce que l'extinction E_s — E_B, attribuée à l'indophénol, diminue quelque peu et que cette diminution soit plus apparente dans la méthode de SCHARER que dans la méthode de SANDERS et SAGER.

Ces considérations théoriques sont vérifiées par l'expérience.

1) L'extinction E_s d'une solution d'indophénol ne contenant pas d'excès de B. Q. C. reste constante pendant au moins 12 heures.

2) Dans la méthode de SANDERS et SAGER, la valeur de la différence E_s — E_B reste pratiquement constante pendant 2 heures et il est encore possible, si une grande précision n'est pas requise, de tenir compte des résultats obtenus après 18 heures.

Exemple : Méthode SANDERS et SAGER.

TABLEAU 7.

Concentration en phénol γ/ml	Valeur de E_S-E_B après				
	30 minutes	60 minutes	90 minutes	120 minutes	18 heures
0,1	0,024	0,024	0,025	0,023	0,022
0,2	0,048	0,048	0,046	0,045	0,044
0,5	0,122	0,123	0,121	0,120	0,119
1	0,249	0,249	0,249	0,247	0,244
2	0,485	0,485	0,483	0,480	0,473
5	1,240	1,238	1,235	1,235	1,180

3) Dans la méthode de SCHARER, il est à conseiller de ne pas attendre plus d'une heure avant d'effectuer les mesures.

Exemple : Méthode SCHARER.

TABLEAU 8.

Concentration en phénol γ/ml	Valeurs de E_S-E_B après (en minutes)							
	30	45	60	75	90	105	120	225
1	0,246	0,247	0,245	0,245	0,243	0,242	0,240	0,239

Remarque.

La diminution de la valeur de E_s — E_B ne peut nécessairement pas être supérieure à E_B. Elle peut donc parfois être négligée pour les fortes teneurs en phénol ou en phosphatase.

D. *Influence du pH et de la nature du tampon sur la valeur des résultats.*

1) *Influence du pH.*

Le pH agit sur la vitesse de formation de l'indophénol et sur la vitesse de décomposition de la B. Q. C. mais n'influence pas la valeur de la différence Es — Eb.

TABLEAU 9. — *Solutions contenant 2 γ de phénol par ml, préparées suivant la méthode de* SANDERS-SAGER *mais sans* $CuSO^4$.

pH	Extinctions à 6.100 Å		
	E_S	E_B	E_S-E_B
9,2	0,525	0,024	0,501
9,4	0,528	0,027	0,501
9,6	0,542	0,042	0,500
9,8	0,545	0,043	0,502
10,0	0,549	0,047	0,502

2) *Influence de la nature du tampon.*

La nature du tampon n'influence pas la valeur de la différence $E_S - E_B$. Il suffit, pour s'en rendre compte, de comparer les résultats d'étalonnage des méthodes de SANDERS-SAGER et de SCHARER en tenant compte, pour cette dernière, de la variation de volume due à l'addition de tampon et de B. Q. C. à la solution de base.

Exemple : Méthode de SCHARER : 20 ml de solution de base à 2 γ par ml.
1 ml de tampon-borax-soude caustique.
0,16 ml de B. Q. C.

Si E est l'extinction observée dans ce cas, il suffira pour pouvoir la comparer à l'extinction observée dans la méthode de SANDERS-SAGER, de la multiplier par le facteur $\frac{21,16}{20} = 1,058$.

Les essais d'étalonnage ont été réalisés dans les conditions suivantes :

Méthode de SCHARER : tampon borax-soude caustique — pH 0,85
pH de la solution colorée : 9,65.

Méthode de SANDERS-SAGER : tampon au métaborate dilué (1 : 9) (color dilution buffer I — *c* de SANDERS)
pH de la solution : 9,58.

Le tableau 10 donne les résultats obtenus pour les 2 méthodes :

TABLEAU 10.

Concentration en phénol γ/ml	Extinctions (E_S-E_B)	
	Sanders-Sager	Scharer
0,2	0,048	0,048
0,5	0,123	0,125
1	0,246	0,248
2	0,493	0,495
5	1,235	1,235
10	2,448	2,452

Conclusions.

1) Il est possible de changer la nature du tampon suivant les nécessités et les disponibilités du laboratoire

2) Il n'est pas nécessaire d'ajuster le pH du tampon avec une grande rigueur.

E. *Absorption en fonction de la concentration en phénol.*

Conditions expérimentales.

a) Préparation des solutions (voir SANDERS et SAGER, préparation des standards).

5 ml de solution contenant respectivement : 2-4-10-20-40-100 et 200 γ de phénol pour 5 ml.

10 ml de tampon métaborate dilué (tampon « color dilution buffer » I-c de SANDERS) pH = 9,6.

2 ml de Cu CO_4 à 0,05 %.

Quantité de B. Q. C. suivant la teneur en phénol : 2-4-10-20 et 40γ : 0,16 ml.
100 γ 0,24 ml.
200 γ 0,48 ml.

Volume porté à 20 ml.

Remarque : Tous les chiffres de SANDERS et SAGER ont été multipliés par 2, à seule fin de pouvoir disposer d'un volume suffisant de solution. De plus, la B. Q. C. a été ajoutée avant de porter au volume. Nous en tiendrons compte pour exprimer la concentration en unités définies par SANDERS et SAGER.

b) Déterminations spectrophotométriques : spectrophotomètre Beckman-Cellules Corex 1 cm. — 6.100 Å. Lectures après 30 minutes.

c) Les essais ont été réalisés en 4 exemplaires.

Le tableau 11 donne les résultats moyens obtenus pour les diverses concentrations en phénol.

Nous obtenons de nouveau une proportionnalité entre l'extinction (blanc décompté) et la concentration en phénol (fig. 16).

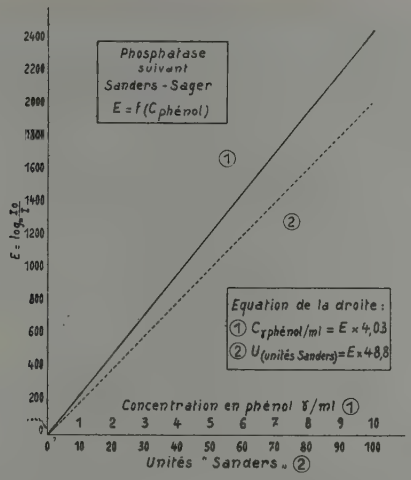


FIG. 16. — Conditions :

5 ml de solution phénolique.
10 ml de tampon I-C (métaborate de soude — Na Cl).
2 ml Cu SO_4 à 0,05 %.
n gouttes de B.Q.C. (1 g. = 0,02 ml).
Solutions à 0,1 — 0,2 — 0,5 — 1 — 2 γ phénol/ml : 8 gouttes.
Solutions à 5 γ /ml : 12 gouttes.
Solutions à 10 γ /ml : 24 gouttes.
Aqua pro 20 ml
Blancs : 10 ml tampon + 2 ml Cu SO_4
+ n gouttes B. Q. C.
Aqua pro 20 ml.
Cellule Corex : 1 cm.
Longueur d'onde : 6.100 A.
Longueur d'onde : 6.100 A.

TABLEAU II.

Concentrations en phénol γ /ml	Extinctions (blanc décompté)
0,1	0,024
0,2	0,048
0,5	0,123
1	0,246
2	0,493
5	1,235
10	2,448

F. *Relation entre l'extinction, la concentration en phénol et le poids de phénol libéré par* 0,5 *ml de lait.*

1) *Relation entre l'extinction et la concentration en phénol.*

Nous avons calculé cette relation de la même manière que pour la méthode de SCHARER.

Désignons par : E l'extinction de la solution (blanc décompté).
C la concentration en phénol exprimée en γ par ml.

Nous avons :

$$E = C \times 0{,}248 \qquad (1)$$

$$\boxed{C = E \times 4{,}03} \qquad (2) \quad \text{fig. :}$$

2) *Relation entre l'extinction et la quantité de phénol libéré par* 0,5 *ml de lait.*

Le test de SANDERS et SAGER est réalisé comme suit :

1 ml de lait
10 ml de substrat tampon
1 ml de réactif précipitant (3-0,6)
} 12 ml.

puis :

5 ml de filtrat
5 ml de tampon
0,08 ml de B. Q. C. (4 gouttes).

D'où :

Quantité de phénol contenue dans les 10,08 ml de solution :

$$E \times 4{,}03 \times 10{,}08$$

Quantité de phénol libéré par 0,5 ml de lait (Ex. $4{,}03 \times 10{,}08$) $\times \frac{12}{5} \times \frac{1}{2}$.

Nous aurons de la sorte.

$$\boxed{\text{Unités SANDERS} = \gamma \text{ phénol /0,5 ml lait} = E \times 48{,}8} \quad \text{Fig. 21}$$

Si nous utilisons un volume différent de B. Q. C., nous obtiendrons :

2 gouttes — 0,04 ml : U. S. = $E \times 48{,}7$
6 » — 0,12 ml : U. S. = $E \times 48{,}9$
8 » — 0,16 ml : U. S. = $E \times 49{,}0$
10 » — 0,20 ml : U. S. = $E \times 49{,}1$

Remarque : La composition du tampon dans lequel se dissout le phénylphosphate disodique, dépend du produit utilisé (voir SANDERS-SAGER, référence 21, page 912).

IV. Détermination de la teneur en phosphatase du lait cru.

L'intérêt de cette question a été considéré lors de l'étude du test de Kay-Graham. Nous n'y reviendrons pas.

Dans la méthode originale de Sanders et Sager, la teneur en phosphatase du lait cru est obtenue en opérant comme pour un lait pasteurisé puis en diluant la solution phénolique résultant de l'hydrolyse du substrat, de manière à ramener la concentration en phénol dans les limites permises pour des mesures colorimétriques. Nous avons préféré toutefois utiliser le lait cru dilué avec du lait chauffé, comme pour la méthode de Kay-Graham. Nous pouvons ainsi ne pas modifier la concentration du phénylphosphate et étudier le comportement du coefficient d'activité de la phosphatase en fonction de sa concentration.

Conditions expérimentales.

1 ml de lait cru dilué avec du lait chauffé pendant 1 minute à 85° C.
10 ml de substrat-tampon.
tampon borate de baryum (25-11) (tampon barium borate-hydroxide 1*a* de Sanders) dilué (1 : 1).
110 mg de phénylphosphate pour 100 ml de solution.

durée de l'incubation : 1 heure.

1 ml de réactif précipitant (3 — 0.6)
5 ml de filtrat + 5 ml de tampon borax-carbonate de soude
0,08 ml de B. Q. C.

Le tableau 12 donne pour les diverses concentrations étudiées, la quantité de phénol libéré par 0,5 ml de lait cru dilué (unités Sanders) et de lait cru non dilué.

Tableau 12

Concentration en lait cru %	Phénol libéré par 0,5 ml de lait cru dilué γ	Phénol libéré par 0,5 ml de lait cru γ
0,1	1,07	1,070
0,2	2,05	1,025
0,5	4,88	976
1,0	9,76	976

Nous arrivons aux mêmes conclusions que pour la méthode de Kay-Graham. Le coefficient d'activité de la phopshatase augmente lorsque la concentration de l'enzyme devient très faible et les résultats ne seront proches de la réalité que si l'échantillon dilué contient au moins 0,5 % de lait cru. Il est même préférable de ne pas descendre en dessous de 1 % si les conditions expérimentales ne conduisent pas à des colorations par trop intenses.

V. Influence de la durée de l'incubation.

Les limites proposées par Sanders et Sager ont été étudiées en fonction des exigences américaines en matière de pasteurisation (30 minutes à 143° F ou 61°7 C). Ces exigences sont moins sévères qu'en Angleterre où le lait doit avoir été chauffé pendant 30 minutes à 145° F (62°,8 C) pour qu'il puisse être considéré comme suffisamment pasteurisé. Il est donc nécessaire, pour adapter la méthode de Sanders et Sager aux prescriptions anglaises, soit d'adopter des limites, moins élevées, soit de maintenir ces dernières et de prolonger la durée de l'incubation, cas déjà envisagé par Afschaffenburg et Neave pour la méthode de Scharer.

Il n'était pas dans nos intentions de rechercher la durée d'incubation permettant l'adaption des limites de Sanders et Sager aux normes anglaises car nous ignorons les prescriptions qu'adopteront les services officiels de notre pays. Ces limites dépendent d'ailleurs également d'autres facteurs, la teneur en phosphatase de nos laits crus de mélange par exemple, qui ne pourront être envisagés qu'ultérieurement. Nous nous sommes contentés d'étudier l'influence de la durée de l'incubation sur la quantité de phénol libérée par l'hydrolyse du substrat. Nous espérions ainsi pouvoir augmenter la durée de l'incubation et la sensibilité de la méthode tout en conservant la possibilité de comparer nos résultats aux données de Sanders et Sager.

Conditions expérimentales.

1 ml de lait contenant 0,5 % de cru.
10 ml de substrat-tampon (110 mg de phénylphosphate pour 100 ml de tampon baryum I*a* dilué 1 : 1).
2 gouttes de chloroforme.
1 ml de réactif précipitant.
5 ml de filtrat + 5 ml de tampon borax-carbonate de soude.
n gouttes de B. Q. C. : incubation 1 et 2 h — 0,08 ml.
» 3 et 4 h. — 0,16 ml.
» 5-6 et 24 h. — 0,20 ml.

Le tableau 13 donne les quantités de phénol libérées après différentes durées d'incubation. Nous y avons également indiqué les quantités de phénol qui seraient libérés par 0,5 ml de lait cru et les valeurs du rapport $\frac{Q_t}{Q_1}$ des quantités libérées après t heures et après 1 heure. Il sera possible, à partir des valeurs de ce rapport, de ramener les résultats obtenus après une durée d'incubation quelconque, aux conditions habituelles du test de Sanders et Sager.

En effet, on peut calculer, à partir de données de Van Bever et Straub (16) que la quantité de phénol libérée après un temps t est donnée par la relation.

$$Q_t = C_o \times \frac{K}{\lambda}(1 - e^{-\lambda t}) \qquad (1)$$

dans laquelle C_o désigne la concentration initiale en phosphatase, λ et K des constantes et t la durée de l'incubation.

TABLEAU 13. — FIG. 17.

Durée de l'incubation (heures)	Phénol libéré par 0,5 ml de lait	Phénol libéré par 0,5 ml. de lait cru	$\frac{Q_t}{Q_1}$
1	13,0	2.600	1
2	24,2	4.840	1,86
3	32,2	6.440	2,48
4	39,2	7,840	3,01
5	46,1	9,220	3,55
6	51,1	10,220	3,93
24	78,2	15.640	6,01

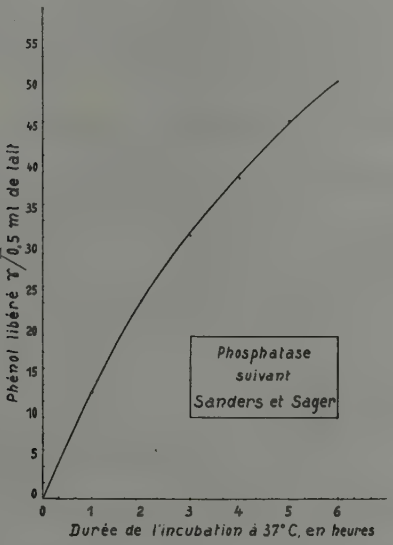


FIG. 17.

Au temps $t = 1$, (1) devient

$$Q_t = C_o \times \frac{K}{\lambda}(1 - e^{-\lambda}) \qquad (2)$$

Au temps $t = t$, (1) devient

$$Qt - C_o \times \frac{K}{\lambda}(1 - e^{-\lambda t}) \qquad (3)$$

d'où :

$$\frac{Q_t}{Q_1} = \frac{1 - e^{-\lambda t}}{1 - e^{-\lambda}}$$

Ce qui indique que le rapport $\frac{Q_t}{Q_1}$ est indépendant de la concentration initiale en phosphatase.

La fig. 17 donne la variation de la quantité de phénol libéré en fonction de la durée d'incubation.

Le tableau 13 donne la variation du rapport $\frac{Q_t}{Q_1}$ en fonction de la durée d'incubation.

VI. Influence du chloroforme sur l'activité de la phosphatase et sur l'hydrolyse spontanée du phénylphosphate.

Si l'addition de chloroforme est générale pour les méthodes à longue durée d'incubation, elle est au contraire jugée indispensable ou considérée comme inutile lorsque cette dernière ne dépasse pas 1 ou 2 heures. Nous avons donc voulu nous rendre compte de l'influence de ce réactif sur l'activité de la phosphatase et sur l'hydrolyse spontanée du phénylphosphate disodique.

A. Action du chloroforme sur l'activité de la phosphatase.

Deux séries d'essais ont été réalisées avec du lait cru dilué et avec du lait chauffé 1 minute à 85°. C La concentration en lait cru était de 0,5 %. Les teneurs en phosphatase ont été déterminées par la méthode de Sanders-Sager mais après une incubation de 2 heures.

Les tubes de la seconde série ont reçu 0,1 ml de chloroforme avant d'être introduits dans le thermostat. Cette quantité de chloroforme correspond environ aux 3 gouttes préconisées dans la méthode de Kay-Graham.

Moyenne des résultats obtenus :

Phénol libéré par 0,5 ml de lait : sans chloroforme — 19,8 γ
avec chloroforme — 17,8 γ

B. *Action du chloroforme sur l'hydrolyse spontanée du phénylphosphate.*

Deux séries d'essais ont été réalisées avec un substrat tampon obtenu en dissolvant 110 mg de phénylphosphate dans 100 ml de tampon acide borique-soude caustique de pH 9,8. Dans la seconde série, le substrat-tampon a été additionné de chloroforme à raison de 0,4 ml pour 100 ml. Des essais à blanc, sans phénylphosphate ont été réalisés parallèlement.

Tableau 14.

Durée de l'incubation (heures)	Phénol libéré pour 10 ml de S-T γ	
	Sans chloroforme	Avec chloroforme
0	1,1	1,1
4	1,7	1,2
24	3,7	2,0

Conclusions.

1) Le phényl-phosphate utilisé pour nos essais contient une certaine quantité de phénol libre (1,1 γ pour 10 ml de S T. c.-à-d. pour 110 mg de phényl-phosphate).

L'ncubation à 37° C et à pH 9,8 provoque une hydrolyse spontanée du substrat. Le chloroforme, par son action bactériostatique réduit considérablement l'importance de cette hydrolyse. Cependant remarquons que l'addition de 0,1 ml de chloroforme avant l'incubation diminue sensiblement l'activité de la phosphatase (environ 10 %).

2) On peut éliminer l'erreur due à l'hydrolyse spontanée du substrat en effectuant des essais à blanc avec incubation dans les conditions des essais proprement dits. C'est le cas de la méthode VAN BEVER et STRAUB (P_s, P_w, B_s, B_w) ou lorsqu'on réalise un blanc avec du lait chauffé et incubation (SANDERS et SAGER).

L'erreur serait minime et même négligeable si la durée de l'incubation ne dépasse pas 2 heures (SANDERS-SAGER).

Elle serait par contre très sensible si la durée de l'incubation est longue et si l'on effectue un essai à blanc avec du lait non chauffé et sans incubation (méthode classique de KAY-GRAHAM).

Dans ce cas, l'addition de chloroforme est absolument nécessaire.

On ne peut évidemment apporter aucune correction, quelle que soit la méthode utilisée, lorsque l'intensité des colorations est appréciée visuellement par comparaison avec des standards.

3) L'erreur due au phénol contenu initialement dans le phényl-phosphate est éliminée quel que soit le mode de réalisation des essais à blanc. La correction est impossible dans le cas de comparaisons avec des standards, il faut alors vérifier la pureté du phénylphosphate et le purifier s'il y a lieu.

5) Le tableau 15 donne, exprimées en unités SANDERS-SAGER, les erreurs affectant les résultats lorsque les 2 facteurs considérés ci-dessus ne sont pas éliminés.

TABLEAU 15.

Durée de l'incubation	Erreurs exprimées en unités Sanders (γ phénol /0,5 ml de lait)					
	sans chloroforme			avec chloroforme		
	Totales	Dues au phénol initial	Dues à l'hydrolyse	Totales	Dues au phénol initial	Dues à l'hydrolyse
4	0,85	0,55	0,30	0,60	0,55	0,05
24	1,90	0,55	1,35	1,00	0,55	0,45

Remarque.

Les quantités de chloroforme utilisées pour ces essais sont assez faibles. L'action aurait été probablement beaucoup plus marquée si le substrat-tampon avait été saturé en chloroforme.

VII. Quelques données expérimentales.

Variation du pH (à 20° C) au cours du test de Sanders-Sager.

1) *Avec tampon borax-carbonate de sodium* (pH 9, 6).

pH du lait utilisé	6,70
pH 1 ml de lait + 10 ml tampon I — a dilué (1 : 1)	10,02
pH du filtrat de la déprotéinisation (réactif 3 — 0,6)	9,12
pH 5 ml du filtrat + 5 ml tampon 9,6	9,42

2) *Avec tampon acide borique-soude caustique* (pH 9,8).

pH du lait utilisé	6,65
pH 1 ml lait + 10 ml tampon I — a dilué	10,00
pH du filtrant après déprotéinisation (réactif 3 — 0,6)	8,92
pH 5 ml filtrat + 5 ml tampon	9,42

Tampon I-a (acide borique-hydrate de baryum) :

pH toujours compris entre 10,55 et 10,60.

§ 5. Étude comparative des 3 méthodes étudiées.

Nous comparerons successivement :

A. La méthode de Kay-Graham et les méthodes à la dibromoquinonechlorimide (Scharer et Sanders-Sager).

B. La méthode de Scharer et la méthode de Sanders-Sager.

C. Les valeurs des limites admises pour les 3 méthodes.

A. Comparaison de la méthode de Kay-Graham avec les méthodes a la dibromoquinonechlorimide.

Les méthodes à la dibromoquinonechlorimide présentent, sur la méthode de Kay-Graham, de nombreux avantages résultant surtout du réactif utilisé pour le dosage du phénol.

1. *Spécificité du réactif colorimétrique.*

Le réactif de Folin-Ciocalteu réagit, non seulement avec le phénol libre, mais avec les dérivés substitués tels que la thyrosine et le tryptophane, deux acides aminés produits en abondance par l'hydrolyse des protéines du lait. La méthode de Kay-Graham sera donc inutilisable chaque fois que cette hydrolyse aura pu se produire, notamment pour les laits âgés, les vieux beurres et crèmes et, surtout, pour les fromages fermentés. De plus, même les laits frais contiennent une certaine quantité de ces acides aminés, d'où les blancs très élevés et des mesures relativement peu précises.

La dibromoquinonechlorimide, au contraire, ne réagissant qu'avec les phénols

non substitués en position para, permet une grande précision dans les mesures et l'application du test de la phosphatase à tous les produits laitiers.

2. *Sensibilité de la méthode colorimétrique.*

Pour une même concentration en phénol, la coloration obtenue avec le réactif de FOLIN-CIOCALTEU est beaucoup moins intense qu'avec le B. Q. C. Nous avons vu que le coefficient d'extinction du complexe bleu de FOLIN vaut approximativement 0,155 tandis que celui de l'indophénol atteint 0,248.

Toutes choses restant égales, les méthodes à la B. Q. C. permettront soit de réduire la durée de l'incubation, soit de déceler de plus petites erreurs dans la conduite de la pasteurisation.

3. *Validité de la loi de Beer.*

L'extinction des solutions d'indophénol est rigoureusement proportionnelle à la concentration en phénol et cette dernière s'obtient aisément à partir d'une relation basée sur l'équation représentative d'une droite. Ce n'est pas le cas du complexe bleu de Folin pour lequel on est obligé d'avoir chaque fois recours au graphique d'étalonnage.

4. *Valeurs de l'erreur relative affectant les résultats.*

Les résultats obtenus avec la méthode de KAY-GRAHAM sont affectés d'une erreur relative beaucoup plus élevée que l'erreur affectant les résultats des méthodes à la dibromoquinonechlorimide. Cela est dû aux propriétés intrinsèques des solutions colorées et surtout à la valeur des blancs très élevés dans la méthode de KAY-GRAHAM. La grandeur de l'erreur relative a une grande incidence sur la valeur des limites admises. Toutes choses égales, ces dernières seront d'autant moins élevées et le test sera plus précis, que les erreurs relatives seront plus petites, d'où la supériorité des méthodes de SCHARER et de SANDERS-SAGER.

5. *Rapidité du test.*

La plus grande sensibilité des méthodes à la dibromoquinonechlorimide et la valeur peu élevée des erreurs affectant ces dernières, permettent une réduction considérable de la durée de l'incubation. Il en résulte un gain de temps appréciable et la possibilité d'effectuer les contrôles avant de livrer les produits à la consommation.

6. On reproche enfin au réactif de FOLIN-CIOCALTEU d'être très coûteux. Par contre, le complexe bleu de FOLIN est beaucoup plus stable que l'indophénol et peut être conservé longtemps après les essais (au moins 24 heures).

B. COMPARAISON DES MÉTHODES DE SCHARER ET DE SANDERS-SAGER.

On donnera la préférence à la méthode de SANDERS-SAGER pour les raisons suivantes :

1) La méthode de SANDERS-SAGER conduit à des colorations d'un bleu très pur dont la composition spectrale et l'intensité ne varient que très lentement avec le temps. Nous avons vu que ces caractéristiques étaient dues à l'influence des ions cuivriques sur la courbe d'absorption du bleu d'indophénol et sur la vitesse de décomposition de la dibromoquinonechlorimide en excès.

La méthode de SANDERS-SAGER est donc nettement supérieure à la méthode de SCHARER quand on évalue l'intensité des colorations obtenues en les comparant avec des standards et surtout lorsque ces derniers sont préparés à partir de sels minéraux colorés. Or la possibilité de pouvoir disposer d'une échelle colorimétrique pouvant se conserver très longtemps, serait d'une très grande utilité dans la pratique courante où l'on ne dispose pas toujours d'un matériel fragile et encombrant.

Cette supériorité de la méthode de SANDERS-SAGER est moins évidente lorsque les mesures sont réalisées au moyen d'un colorimètre et que la valeur du blanc est retranchée du résultat. Elle subsiste néanmoins dans le cas de mesures très précises, la décomposition de la B. Q. C. en excès étant à l'origine d'erreurs systématiques par défaut.

Remarque. — Il serait intéressant de prévoir un peu de sulfate de cuivre dans tous les réactifs précipitants utilisés pour les divers produits laitiers, même si cette addition n'a pas été prévue par SANDERS et SAGERS. Une très petite quantité suffirait puisque les ions cuivre sont actifs sous des concentrations compatibles avec le produit de solubilité de l'hydrate de cuivre.

2) Le tampon acide borique-hydrate de baryum de SANDERS et SAGER possède, au pH pour lequel l'activité de l'enzyme est optimum, un pouvoir tampon supérieur à celui du tampon borax-soude caustique de SCHARER (25). Une diminution de la vitesse d'hydrolyse du substrat est donc moins à craindre quand on utilise des échantillons ayant subi une certaine acidification. Le tampon de SANDERS-SAGER peut également être utilisé pour tous les produits laitiers, avec certaines modifications il est vrai et rien n'indique que le tampon de SCHARER ne puisse également être adapté aux diverses conditions d'utilisation.

3) Le réactif précipitant zinc-cuivre de SANDERS et SAGER permet une meilleure déprotéinisation et conduit toujours à des filtrats parfaitement limpides. L'acétate de plomb préconisé par SCHARER donne parfois des filtrats troubles surtout lorsque le lait utilisé est quelque peu acide.

4) Enfin, la présence des ions baryum dans le tampon utilisé pour l'incubation suivant SCHARER, permet l'élimination de certains ions, phosphate et citrate, qui exerceraient une action inhibitrice sur l'activité de la phosphatase (25).

Conclusions.

La méthode de KAY-GRAHAM a rendu d'éminents services mais se trouve actuellement nettement dépassée par les méthodes à la dibromoquinonechlorimide. Parmi ces dernières, la méthode de SANDERS-SAGER s'est montrée la plus intéressante ; elle présente de grandes possibilités d'adaptations.

C. Comparaison des limites admises pour l'activité de la phosphatase dans le lait pasteurisé.

Les limites en deça desquelles on admet que le lait a subi un traitement thermique suffisant, varient selon les méthodes utilisées. Leur comparaison est assez difficile et ne peut être actuellement qu'approximative car ce n'est pas la concentration en phosphatase que l'on détermine, mais le résultat de l'action de l'enzyme sur le substrat, action qui dépend elle-même des facteurs suivants :

— nature et pH du milieu dans lequel s'effectue l'hydrolyse du substrat ;
— température d'incubation ;
— durée de l'incubation.

La valeur des limites est également influencée par les erreurs affectant les déterminations analytiques et par des facteurs ne dépendant pas de la méthode et qui sont :

— la teneur en phosphatase du lait cru correspondant.
— les exigences des diverses législations au point de vue durée et température de la pasteurisation.

Par ex : législation anglaise : 30 minutes à 145° F (62°8 C).
législation américaine : 30 » à 143° F (61°7 C).

N'envisageons, pour l'instant, que les facteurs affectant l'activité de la phosphatase.

La température d'incubation est la même pour les 3 méthodes étudiées. Nous admettrons que les substrats-tampons utilisés par ces dernières ne diffèrent pas suffisamment les uns des autres que pour provoquer des différences sensibles dans les vitesses d'hydrolyse du substrat. Quant à l'influence des durées d'incubation, nous l'éliminerons en utilisant, sous certaines réserves, les coefficients $\frac{Q_t}{Q_1}$ calculés précédemment (influence de la durée de l'incubation).

1) *Méthode de* Kay-Graham. — 24 heures d'incubation à 37° C.

a) Limites admises par la législation anglaise (38).
Échantillon incubé : 2,3 unités de Lovibond.
Échantillon non incubé : 1,5 unité de Lovibond.

Ce qui correspond, d'après notre courbe d'étalonnage (fig. 4), respectivement à 45 et 28 γ de phénol pour 0,5 ml de lait.

0,5 ml de lait peut donc contenir une teneur en phosphatase permettant la libération de 17 γ de phénol après 24 heures d'incubation.

En divisant ce résultat par le coefficient $\frac{Q_t}{Q_1} = 6$, la limite après 1 heure d'incubation serait d'environ 2,8 γ de phénol pour 0,5 ml de lait. Nous admettrons en fait une limite de 3 γ car on peut obtenir pour l'échantillon non incubé, une coloration inférieure à 1,5 unité de Lovibond.

b) Limites admises par le « New-York State Departement of Health » (44).
Échantillon incubé : 45 γ de phénol pour 0,5 ml de lait.
Échantillon non incubé : 20 % de phénol pour 0,5 ml de lait.
ce qui correspond cette fois à 2,3 et 1,1 unités de Lovibond.

La phosphatase résiduelle contenue dans 0,5 ml de lait peut donc libérer au maximum 25 γ de phénol après 24 heures d'incubation ou encore 4 γ après 1 heure.

2) *Méthode de* SCHARER (29) 1 heure d'incubation à 37° C.

Limites admises : 2,5 γ de phénol pour les 5 ml de filtrat c.-à-d. pour 0,45 ml de lait.
ou encore : 2,8 γ de phénol pour 0,5 ml de lait.

La méthode de SCHARER ne prévoit pas un essai à blanc avec du lait et l'intensité des colorations est estimée par comparaison avec des standards. On peut néanmoins supposer que ces derniers sont préparés en même temps et comme le lait n'influence guère la valeur des blancs, admettre que la limite fixée correspond bien à l'activité de la phosphatase résiduelle.

3) *Méthode de* SANDERS-SAGER (32) 1 heure d'incubation à 37° C.

Limites admises : 2 γ de phénol pour 0,5 ml de lait.

Les mesures se font cette fois au colorimètre et la valeur des blancs décomptée des résultats.

Les limites exprimées en γ de phénol pour 0,5 ml de lait et correspondant à une incubation de 1 heure seront donc :

Kay-Graham		Sager	Sanders-Sager
Législ. anglaise	N.-Y. State Dép. of Health		
3	4	2,8	2

Conclusions.

1) Les limites admises par les 3 méthodes ne diffèrent pas fortement les unes des autres et les différences constatées ne peuvent, par suite des hypothèses admises pour la comparaison, être discutées avec trop grande rigueur. Elles répondent cependant bien à ce que nous avions supposé au cours de nos essais. Il était logique d'obtenir une limite un peu supérieure avec la méthode de KAY-GRAHAM puisque ses résultats sont affectés d'une erreur assez grande, ce qui exige une certaine latitude pour les appréciations. Il faut remarquer également que les limites différentes proposées pour la méthode de KAY-GRAHAM par la législation anglaise et par le New-York State Department of Health, ne sont dues qu'aux valeurs maxima admises pour l'essai à blanc. La limite américaine est toutefois plus proche de la réalité car 1,1 unité de LOVIBOND correspond sensiblement à la coloration minimum qu'il soit possible d'obtenir avec un échantillon non incubé.

2) En admettant que l'activité de la phosphatase des laits crus de mélange est de l'ordre de 1.000 unités ou γ de phénol pour 0,5 ml de lait, les limites impliquent que les méthodes de KAY-GRAHAM, de SCHARER et de SANDERS-SAGER exigent une destruction de 99,6-99,7 et 99,8 % de la phosphatase initiale ou encore, qu'elles peuvent admettre 0,4-0,3 et 0,2 % de lait cru dans le lait pasteurisé. Les travaux des chercheurs danois ont démontré que la destruction de 99,6 % de la phosphatase initiale garantit une destruction complète du bacille tuberculeux.

Mais peut-on considérer comme inoffensifs des laits contaminés par 0,4 % de lait cru ? Nous posons la question sans vouloir la trancher.

3) Il est assez intéressant de constater que la méthode de SCHARER prévoit une limite supérieure à celle de la méthode de SANDERS-SAGER. Cette anomalie pourrait provenir des différences dans les teneurs en phosphatase des laits crus. Nous avons pour notre part étudié les laits crus contenant 2.000 unités de phosphatase pour 0,5 ml mais nos résultats sont sous réserves car il s'agissait de laits provenant d'un nombre assez petit d'animaux. Il semblerait cependant qu'il soit nécessaire de fixer les limites suivant les propriétés du lait des régions où elles sont appliquées et de ne les admettre que pour les laits provenant de mélanges importants. Dans le cas de laits provenant d'un seul ou d'un petit nombre d'animaux, le test de la phosphatase ne pourrait être considéré avec rigueur qu'en déterminant également l'activité enzymatique du lait cru et en calculant le pourcentage de destruction de la phosphatase initiale.

§ 6. Influence des agents de conservation.

Un développement anormal de la flore microbienne peut fausser complètement les résultats du test de la phosphatase.

1) Certaines bactéries élaborent des phosphatases microbiennes.

2) L'acidification du lait peut ne pas être compensée par le pouvoir tampon du substrat et provoquer une diminution sensible de la vitesse d'hydrolyse du phénylphosphate.

3) Les bactéries protéolytiques peuvent hydrolyser la protéine associée à la phosphatase et inhiber l'action de cette dernière.

Or, dans la pratique courante, il est très rare que l'on puisse procéder aux déterminations de la teneur en phosphatase peu après le prélèvement des échantillons. Il est bien possible d'utiliser un test rapide, réalisable sur champ, mais en général, les échantillons doivent être envoyés dans un laboratoire spécialisé, ce qui implique un transport dans des conditions qui sont souvent loin d'être idéales et une prolifération abondante des bactéries.

Il était donc de toute première nécessité d'étudier les possibilités d'emploi des agents de conservation et l'action de ces derniers sur l'activité de l'enzyme.

Notre choix s'est porté sur le formol et sur le chlorure mercurique (sublimé). Le chloroforme ne nous paraissait pas suffisamment actif, ce qui est peut-être

inexact et le bichromate de potassium, non toxique et très utilisé en laiterie, devait être écarté à cause de sa coloration et de son pouvoir oxydant.

Conditions expérimentales.

Nous avons utilisé, pour tous les essais, du lait cru dilué avec du lait chauffé durant 1 minute à 85° C. La concentration en lait cru était de 0,5 %.

Les teneurs en phosphatase ont été déterminées par la méthode de SANDERS et SAGERS (réactifs prévus pour un lait normal), mais après une incubation de 2 heures (diminution des erreurs relatives). Nous avons tenu compte, dans le calcul des résultats, des augmentations de volume dues à l'introduction des agents de conservation.

Les teneurs en formol sont exprimées en % d'une solution de formaldehyde pour analyse (> 35 % HCHO).

Le chlorure mercurique a été introduit sous forme d'une solution alcoolique à 5 ou à 10 % suivant la concentration finale. Les résultats ne peuvent donc être attribués à l'introduction de quantités croissantes d'alcool.

Les tableaux 16 et 17 donnent, par rapport au lait frais, sans agent de conservation, l'activité de la phosphatase pour diverses concentrations en formol ou en chlorure mercurique, et après 2 et 4 jours de conservation au frigo à 4° C.

TABLEAU 16.

Concentration en lait cru 5 °/oo. — Conservation au frigo à 4° C.

Concentration en formol n/10.000	Activité de la phosphatase %		
	Immédiatement	Après 2 jours	Après 4 jours
0	100	100	—
2	99,2	98,0	98,0
3	97,1	97,6	97,6
5	99,2	96,7	95,5
10	96,7	95,5	94,7
20	86,9	83,7	83,7

TABLEAU 17

Concentration en lait cru 5 °/oo. — Conservation au frigo à 4° C.

Concentration en chlorure mercurique n/10.000	Activité de la phosphatase %		
	Immédiatement	Après 2 jours	Après 4 jours
0	100	100	100
1	100	99,5	98,0
2	100	97,5	93,0
4	97,6	90,6	86,0
6	94,2	83,2	77,5
8	86,9	73,0	68,5

Conclusions.

1) L'activité de la phosphatase du lait ne contenant pas d'agent de conservation, ne paraît pas diminuer après 4 jours de conservation au frigo à 4° C. Le lait utilisé pour les essais ne contient cependant que 0,5 % de lait cru et peut être considéré comme pauvre en bactéries. La conclusion peut être maintenue pour les laits en bouteille ayant subi un traitement thermique proche de la pasteurisation complète mais est soumise à caution si les conditions sont telles que la flore bactérienne est assez abondante.

2) Le formol et le chlorure mercurique exercent une certaine inhibition sur l'activité de la phosphatase. L'inhibition augmente avec la concentration de l'agent de conservation et avec la durée de la conservation.

3) A concentration égale, l'inhibition est plus importante avec le chlorure mercurique. On constate en outre que la diminution de l'activité enzymatique avec la durée de conservation est beaucoup plus importante avec le sublimé qu'avec le formol.

4) Si l'on se fixe comme limite acceptable, une diminution de l'activité de la phosphatase d'environ 5 %, il semble, dans le cadre des essais ci-dessus, que l'on ne puisse utiliser pour le formol des concentrations supérieures à 0,05 % et pour le chlorure mercurique, des concentrations supérieures à 0,02 % et même à 0,01 %.

Or, d'après les données de la littérature 0,05 % de formol permettent une meilleure conservation du lait que 0,01 % ou 0,02 % de chlorure mercurique. Nous choisirons donc de préférence le formol pour les déterminations de la teneur en phosphatase. Il est en outre beaucoup moins toxique que le sublimé et peut être manipulé par un personnel peu averti.

5) Les résultats de nos essais avec le formol et le chlorure mercurique ne sont donnés qu'à titre indicatif. Ils n'envisageaient au début que la possibilité de pouvoir conserver nos échantillons durant quelques jours au laboratoire et ne constituaient qu'une sorte de préliminaire à des recherches plus poussées. Ces dernières se sont montrées cependant inutiles car nous nous sommes aperçus que la question des agents de conservation avait été étudiée d'une manière très approfondie par SANDERS et SAGER (43). Ces auteurs ont en effet étudié l'influence du chloroforme, du toluène, du borax, du métaborate de sodium, du mélange de ces deux derniers, du formol, du chlorure mercurique et de l'eau oxygénée sur l'activité de la phosphatase et en relation avec la valeur de ces composés au point de vue agent de conseravtion.

6) En nous référant aux résultats de SANDERS et SAGER et aux constatations précédentes au sujet de l'action du chloroforme sur l'activité de la phosphatase et sur l'hydrolyse spontanée du substrat, nous croyons que les résultats les plus satisfaisants seraient obtenus en utilisant comme agent de conservation du chloroforme aux concentrations suivantes :

Lait : 1,5 % Substrat tampon : 0,5 %

Ces conditions permettent sans provoquer une diminution significative de l'activité de la phosphatase ; de conserver le lait 10 à 20 jours à la température ambiante et de rendre négligeable l'hydrolyse spontanée du phénylphosphate au cours de sa conservation normale en frigo et de l'incubation des échantillons.

Il n'est pas nécessaire ni même à conseiller d'ajouter de nouveau du chloroforme avant l'incubation, du moins lorsque la durée de cette dernière ne dépasse pas quelques heures.

Résumé

L'auteur a cherché à se faire une opinion sur la valeur respective des principales méthodes proposées jusqu'ici pour la détermination de la phosphatase dans le lait, soit la méthode de KAY et GRAHAM, d'une part, et, d'autre part, les méthodes de détermination à la dibromoquinonechlorimide : la méthode de SCHARER et la méthode de SANDERS et SAGER.

Il a été amené ainsi à fixer les conditions d'utilisation de ces méthodes, à calculer les relations permettant de déterminer l'activité de la phosphatase et à étudier les divers facteurs pouvant influencer les résultats.

Pour le test de KAY et GRAHAM, l'auteur a étudié la courbe d'absorption à 7500 Å en fonction de la concentration en phénol, courbe difficilement assimilable à une droite. Il a cherché à établir approximativement la relation entre les valeurs d'extinction et les unités Lovibond. Il a constaté que la coloration était assez stable.

Pour la détermination de la teneur en phosphatase du lait cru, la dilution doit se faire avec le lait chauffé pendant 1 minute à 85° et non avec de l'eau, avec une proportion minimum de 0,5 %de lait cru.

Parmi les facteurs pouvant influencer les résultats, retenons que le réactif de FOLIN tenu au froid conserve ses propriétés pendant plus d'un an, et pendant plus de deux mois en mélange avec l'hexametaphosphate de sodium, que la filtration augmente fortement la valeur des essais à blanc, mais que la durée d'ébullition, par contre, n'a pas d'influence.

Au sujet du test de SCHARER, il a été observé que la solution d'indophénol obéit à la loi de BEER. La relation entre l'extinction à 6100 Å le poids de phénol libéré et le nombre d'unités SCHARER s'exprime comme suit :

$$\text{Phenol } \gamma/0{,}5 \text{ ml} = E \times 23{,}4 \qquad U_{Sch} = E \times 21{,}1.$$

Si l'on extrait le colorant à l'alcool butylique (tests scandinaves), l'extraction doit se faire par siphonage et non par filtration. La coloration ainsi obtenue est plus stable que dans la méthode de SCHARER, mais le maximum d'absorption est vers 6600 Å au lieu de 6100 Å dans la méthode SCHARER.

L'auteur a fixé les quantités de dibromoquinonechlorimide à employer en fonction de la teneur en phénol.

Pour le test de SANDERS et SAGER, l'auteur a remplacé le tampon metaborate

I*b* des expérimentateurs par un tampon borax-carbonate de soude pour le lait frais, ou par un tampon acide borique-soude caustique dans du chlorure de sodium. Ce dernier peut s'employer dans tous les cas même avec des produits acides, mais est plus difficile à préparer.

Le test de SANDERS et SAGER donne une solution colorée dont la courbe d'absorption en fonction des longueurs d'onde est nettement différente de la courbe d'absorption obtenue dans le test de SCHARER, quoique le maximum soit à la même longueur d'onde.

Ce test permet une meilleure appréciation visuelle de l'intensité des colorations. Il donne des solutions d'un beau bleu conservant leur pureté de coloration (action des ions Cu) tandis que le test de SCHARER donne des solutions aqueuses bleu-verdâtre se salissant rapidement.

Dans le cas de mesures spectrophotométriques, il est nécessaire d'utiliser un excès suffisant de réactif et de faire les déterminations dans un délai assez court (30 à 60 minutes). Dans le cas de mesures visuelles, il faut réduire, au contraire, le plus possible cet excès. Cette dernière précaution s'impose encore davantage dans le cas du test de SCHARER.

La coloration reste pratiquement constante pendant 2 heures et il est encore possible, si une grande précision n'est pas requise, d'opérer après 18 heures.

Il est possible de changer la nature du tampon et il n'est pas nécessaire d'ajuster le pH du tampon avec une grande rigueur.

La relation entre l'extinction et la concentration en phénol d'une part ou les unités SANDERS d'autre part, s'établit comme suit :

$$C = E \times 4{,}03 \qquad U_{\text{Sanders}} = E \times 48{,}8.$$

L'auteur détermine l'influence de la durée d'incubation sur la quantité de phénol libéré.

Il examine également l'influence du chloroforme sur l'activité de la phosphatase et sur l'hydrolyse spontanée du phénylphosphate. Le chloroforme diminue l'activité de la phosphatase, mais réduit l'hydrolyse du phénylphosphate. L'addition de chloroforme s'impose dans le cas d'une durée d'incubation de plus de deux heures.

Sur la base des éléments étudiés et d'autres éléments tirés de la nature des réactions en cause ou de considérations d'ordre pratique, l'auteur établit un parallèle entre les trois méthodes et conclut que la méthode de KAY et GRAHAM est maintenant dépassée et que les méthodes à la dibromoquinonechlorimide sont à préférer. Parmi celles-ci, le test de SANDERS et SAGER est préférable au test de SCHARER.

Il établit également une comparaison entre les limites admises pour les trois méthodes, et conclut qu'elles ne diffèrent pas fortement, mais sont un peu plus élevées dans le cas de la méthode KAY et GRAHAM et minima dans le cas de la méthode SANDERS et SAGER.

L'auteur a commencé également une étude de l'effet de la conservation du

lait et de l'effet des agents de conservation sur les résultats du test SANDERS et SAGER.

L'activité de la phosphatase du lait ne contenant pas d'agent de conservation ne paraît pas diminuer après 14 jours à 4° C.

Le formol et le chlorure mercurique inhibent partiellement l'activité en proportion de la concentration et de la durée de conservation. A concentration égale, l'inhibition est plus forte avec le chlorure mercurique. L'auteur préfère le formol à la dose de 0,05 %.

Le meilleur agent de conservation serait encore le chloroforme aux doses de 1,5 % pour le lait et de 0,5 % pour le substrat-tampon.

BIBLIOGRAPHIE

1. ORLA JENSEN, 1940. — Projet de réglementation pour la pasteurisation obligatoire du lait et des produits laitiers. *Moelkeritidenden*, **1**, 3-6. Référence dans « Le Lait » (1943), XXIII, 61.
2. ORLA JENSEN, 1932. — Dairy Bacteriology. Traduit par P. S. Arup. London. J. et A. Churchill, p. 173-177.
3. WEINSTEIN, P., 1928. — Nachweis der Erhizungsgrades der Milch. *Zeit. Unt. Leb.*, **56**, 458.
4. SCHARDINGER, F., 1902. — Über das Verhalten der Kühmilch gegen Methylenlbau und seine Verwendung zur Unscheidung von gekochter und ungekochter Milch. *Z. Unt. Nahr. Genussm*, **5**, 1113.
5. ROTHENFÜSSER, S., 1930. — Über den Nachweis einer Erhitzung der Milch und ein neues Verfahren zum Nachweise der Dauerapsteurisierung. *Zeit. Unt. Leb.*, **60**, 94-109.
6. GOULD, B. S., 1932. — The Detection of Inefficiently Pasteurized Milch based on a Modification of the New Rothenfusser Test. *J. Dairy Sci.*, **15**, 230-241.
7. WEINSTEIN, P., 1934. — Amylase Nachweis in der Milch. *Zeit. Unt. Leb.*, **68**, 73-80.
8. STORCH, V., 1899. — *Z. Unt. Nahr. Genussm.*, **2**, 239.
9. FINK, E., 1938. — Über die Guajac. Reaktion der Milch. Ein Beitrag zur Kenntnis der Milchperoxydase. *Milchwirt. Forsch.*, **19**, 346. Référ. dans *Le Lait*. A. K. VAN BEVER et S. STRAUB (1943), **23**, 104.
10. BOUMA et VAN DAM, 1918. — *Biochem. Zeit.*, 1918, **92**, 385. Réf. Onderzoekingsmethoden van Zuivelprodukten. A. DE VLEESCHAUWER, p. 195, 1948, N. V. Standaard-Boekhandel, Antwerpen.
11. BORINSKI, 1926. — *Zeit. Angew. chemie*, **39**, 281. Réf. A. De Vleeschauwer.
12. TILLMANS, J., 1912. — Eine bequeme Ausführungsart der Storch'schen Reaktion. *Zeit. Nahr. Genusm.*, **24**, 61. Réf. A. De Vleeschauwer.
13. ROTHENFÜSSER, S., 1908. — *Zeit. Nahr. Genusm*, **16**, 63. Réf. A. De Vleeschauwer.

14. EBLE, K. und PFEIFFER, H., 1934. — Dithizonprobe zum Nachweise hocherhitzter Milch. *Z. Unt. Leb.*, **68**, 307. Ref. A. De Vleeschauwer.
15. ORLA JENSEN, 1933. — Recherches sur la pasteurisation basse du lait. Une nouvelle réaction pour contrôler la température de chauffage. *Le Lait*, **9**, p. 622, 724, 816, 914, 1.032.
16. VAN BEVER J. et STRAUB, A. K., 1943. — La signification de la réaction de Storch, de la vitesse de montée de la crème ainsi que de la détermination des phosphatases pour le contrôle de la pasteurisation du lait. *Le Lait*, **23**, 97, 119, 222, 240.
17. FROST, W. D. and MOORE, G. D., 1919. — The cellular test for pasteurized milk under practical conditions. *J. Dairy Sci*, **2**, 189.
18. GRAHAM, W. R. and KAY, H. D., 1933. — V Phosphorus compounds of milk. The phosphorus partition in Milk, with preliminary observations on milk phosphatase. *J. Dairy Research*, **5**, 54.
19. FOLLEY, S. J. and KAY, H. D., 1935. — The alkaline phosphomonoestherase of the mammary gland. *Biochem J.*, **29**, 1837.
20. HORWITZ, W., 1947. — A modified Scharer phosphatase test for milk and soft cheeses. *J. Assoc. off. Agric. chem.*, **30**, 422.
21. SANDERS, C. P. and SAGER, O. S., 1947. — Phosphatase test for various dairy products. *J. Dairy Sc.*, **30**, 909-920.
22. SJÖSTRÖM, G., 1949. — Swedish investigations concerning milk phosphatase. 12e *Congrès International de Laiterie*. Stockholm, 2, 750.
23. KAY, H. D. and GRAHAM, W. R., 1933. — Phosphorus compounds of milk. VI. The Effect of heat on milk phosphatase. A simple method for distinguishing raw from pasteurized milk, raw from pasteurized cream and butter made from raw cream from that made from pasteurized cream. *J. Dairy Research*, **5**, 64.
24. 57 *Beretning fra Statens Forsægsmejeri*, 1948. — Fosfataseenzymets Varmedestruktion.
25. SANDERS, G. P. and SAGER, O. S., 1948. — Present status of the phosphatase test. *J. Milk and Food Techn.*, **11**, 67-71.
26. KOPPEJAN, C. A., 1937. — L'épreuve de la phosphatase et sa sureté pour démontrer la pasteurisation du lait en cas de pasteurisation à température basse. *Ve Congrès International Technique et Chimique des industries agricoles. Scheveningue.*
27. KAY, H. D. and GRAHAM, W. R., 1935. — The phosphatase test for pasteurized milk. *J. Dairy Research*, **6**, 191.
28. NEAVE, F. K., 1939. — Kay and Graham's phosphatase test. A. Modification in technique. B. Effect of bacterial growth. *J. Dairy Research*, **10**, 475.
29. SCHARER, H., 1938. — A rapid phosphomonoesterase test for control of dairy pasteurisation. *J. Dairy Science*, **21**, 22.
30. ASCHAFFENBURG, R. and NEAVE, F. K., 1939. — A rapide phosphatase test. *a*) Adaptation of Scharer's modification to pasteurizing conditions in great Britain. *b*) A Study of factors influencing the reliability of the test. *J. Dairy Research*, **10**, 484.
31. SANDERS, G. P. and SAGER, O. S., 1946. — Modification of the phosphatase test as applied to Cheddar-cheese and application of the test to fluid milk. *J. Dairy Science*, **29**, 737.

32. Sanders, G. P. and Sager, O. S., 1947. — Phosphatase test for various dairy products. *J. Dairy Science*, **30**, 909-920.
33. Andersen, A. C., 1949. — Die Phosphataseprobe zum Nachweise des Pasteurisierens von Konsummilch. 12^e *Congrès International de Laiterie*. Stockholm, 2, 766.
34. Aschaffenburg, R. and Mullen, S. E. C., 1949. — A rapid and simple phosphatase test for milks. *J. Dairy Res.*, **16**, 58.
35. Sanders, G. P., 1948. — Report on the phosphatase test in pasteurization of dairy products. *Journ. of the Association of official Agricultural chemists*.
36. Huggins, C. and Talalay, P., 1945. — *J. Biolog. chem.*, **159**, 399.
37. Treadwell, P., and W. P., 1948. — Manuel de Chimie analytique. T. II, p. 644.
38. Food and Drugs, England, 1949, n° 1589. — The Milk (special designation) (Pasteurized and Sterilised Milk) Regulations.
39. Kolthoff, I. M. and Sandell, E. B., 1947. — Textbook of Quantitative Inorganic Analysis, p. 46. The Macmillan Company.
40. Clark, W. M., 1928. — The détermination of Hydrogen Ions. Baltimore. The Williams and Wilkins Cy.
41. Hodgman, C. D. — Handbook of Chemistry and Physics.
42. Gibb, H. D., 1927. — The Indophénol Test. *J. of Biolog. Chem.*, **72**, 649.
43. Sanders, G. P. and Sager, O. S., 1949. — Preservation of dairy products for the phosphatase test. *J. of Dairy Science*, XXXII, n° 2, 166-174.
44. *Standard Methods of the division of Laboratories and Research of the New-York State Department of Health*, 1950.
45. Simonart, P., Chow, K. Y. et Huberlant, J., 1951. — Une méthode simple pour l'épreuve de la phosphatase. *Agricultura*, déc. 51, p. 180.

CHAIRE DE MATHÉMATIQUES

Applications de tests statistiques paramétriques et non-paramétriques à quelques problèmes de climatologie

par De Munter Paul.

§ 1. Résumé.

La plupart des problèmes d'inférence statistique posés par l'observation d'échantillons de mesures peuvent être résolus par des méthodes dites paramétriques, ou bien, par des méthodes dites non-paramétriques.

Les méthodes paramétriques sont applicables lorsque l'observateur croit connaître la forme de la fonction qui répartit la population dont est extrait l'échantillon qu'il étudie. Cette fonction peut, par exemple, avoir la forme d'une courbe de Gauss (courbe en cloche).

Les méthodes non-paramétriques sont applicables quelle que soit la fonction de répartition de l'univers dont est extrait un échantillon. Elles ont un champ d'action plus vaste et les conclusions auxquelles elles conduisent sont plus générales. En effet, lorsqu'un univers est infini, on ne sait jamais quelle loi de probabilité le répartit. En conséquence, toutes les fois où cela est possible il vaut mieux utiliser les méthodes non-paramétriques.

Nous allons illustrer cette affirmation par quelques exemples. Nous les tirons d'une étude climatologique des suites de températures moyennes des étés, des hivers, et annuelles, faite par A. Vandenplas (1). Nous reproduisons ici la figure 2 de ce travail, avec l'aimable permission de l'auteur. Au § suivant nous résolvons quelques problèmes généraux d'inférence statistique : leur solution nous servira dans la suite. Le test χ^2 est appliqué aux suites des températures moyennes d'été et d'hiver afin de tester l'ajustement des distributions empiriques au moyen de la loi normale. Nous nous demandons ensuite quelles sont les températures moyennes s'écartant trop de la moyenne globale de toute la suite que pour appartenir encore à l'univers considéré. La même question est posée pour des moyennes groupales. Des tests paramétriques et non-paramétriques sont appliqués simultanément. L'étude statistique du réchauffement climatique observé à Uccle depuis 1885 environ fait l'objet du § 3. A cette occasion nous définissons ce qu'on appelle un échantillon dans l'état

de contrôle statistique (ou mieux, aléatoire et simple). Nous montrons ensuite que le réchauffement moyen observé est « réel ». Un test non-paramétrique est utilisé.

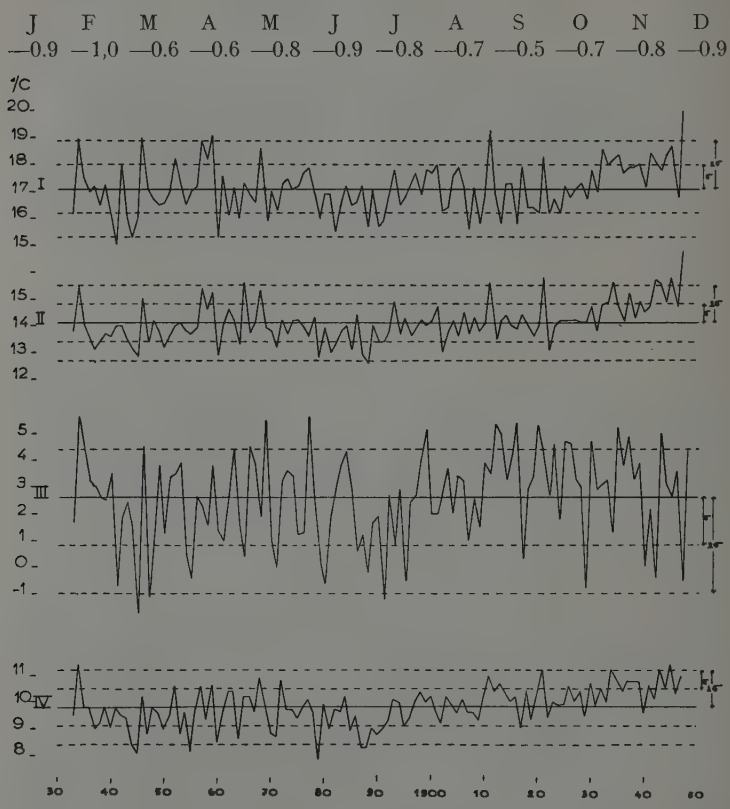


FIG. 2. — Variation de la température à Bruxelles-Uccle.
I = été, II = période avril-octobre, III = hiver, IV = année.
(D'après A. VANDENPLAS).

Enfin, la question d'une éventuelle corrélation (positive) existant entre les températures moyennes des hivers suivant certains étés chauds et les températures moyennes de ces étés, est débattue au § 4. Nous montrons qu'un test paramétrique ne résout pas entièrement le problème. Tandis qu'un test non-paramétrique nous amène à ne pas rejeter l'absence d'une telle corrélation.

La question climatologique est un prétexte ici. Nous accordons tout notre

intérêt à l'application des tests. Dorénavant, l'expression température moyenne sera remplacée par l'abréviation t. m.

§ 2. Problèmes généraux.

Les deux suites qui ont fait l'objet d'une étude statistique générale sont les suites de t. m. d'été et d'hiver depuis 1843. L'application des tests classiques nécessite l'hypothèse de normalité des populations dont sont extraits les échantillons. Cette hypothèse peut être testée. Mais avant cela il faut supposer les échantillons dans l'état de contrôle statistique — définition que nous reprendons en détail au § suivant — c.-à-d, que les observations sont distribuées au hasard, indépendamment les unes des autres et suivant une même loi de probabilité. L'hypothèse de normalité consiste à supposer que cette loi de probabilité a la forme d'une courbe de Gauss. On teste généralement l'hypothèse de normalité au moyen du test d'ajustement χ^2, de Pearson. Ce test est basé sur la mesure de l'écart entre l'hypothèse de normalité et la « vraie » fonction de distribution. Cet écart est noté χ^2. La variable χ^2 possède, quand on l'observe sur l'échantillon des t. m. d'été, une valeur χ^2_e ; et une valeur χ^2_h pour l'échantillon des t. m. d'hiver. Si ces valeurs sont trop grandes, on convient de rejeter l'hypothèse faite. Cela s'exprime en termes probabilistes en calculant les probabilités pour que les valeurs observées χ^2_e et χ^2_h soient dépassées lorsque le « vrai » hasard seul intervient, c.-à-d., lorsque la fonction de distribution de l'univers est bien normale. Si ces probabilités sont grandes, cela exprime qu'il y a beaucoup de chance de rencontrer au hasard une valeur χ^2 supérieure à χ^2_e et χ^2_h ; c.-à-d., que χ^2_e et χ^2_h sont petits et l'hypothèse de normalité ne doit pas être rejetée. Au contraire, si ces probabilités sont petites, cela exprime que χ^2_e et χ^2_h sont dépassés rarement ; c.-à-d., qu'ils sont grands et il faut rejeter l'hypothèse de normalité. La coupure entre « grand » et « petit » pour les probabilités est un nombre fixé à l'avance et appelé le niveau de signification du test. On le choisit petit, par exemple, et c'est le cas le plus général, égal à 5 %. Les calculs effectués fournissent les renseignements suivants :

$$P\{\chi^2 > \chi^2_e\} = 17\ \%$$
$$P\{\chi^2 > \chi^2_h\} = 75\ \%$$

où P indique la probabilité de l'événement entre les accolades. L'hypothèse de normalité ne doit être rejetée dans aucun cas. Néanmoins, on constate que la confiance accordée à cette conclusion n'est pas la même dans les deux cas. Cette anomalie sera justifiée plus loin.

Lorsque l'hypothèse de normalité n'est pas rejetée, différents tests statistiques peuvent être appliqués. On peut rechercher, par exemple, parmi toutes les températures d'une suite quelles sont celles qui s'écartent trop de la moyenne globale que pour appartenir à la population. On dit d'une température T_i qu'elle s'écarte significativement de la t. m. globale $\overline{T}$ lorsque

$$\left| T_i - \overline{T} \right| > C$$

Plus simplement on dit que T_i est significatif.

La constante C dépend de l'échantillon, de la population parent et d'un niveau de signification choisi à l'avance, en général égal à 5 %. Pour la suite des t. m. d'été la constante $C_e = 1{,}75$. La moyenne globale $\overline{T} = 17{,}1$. On observe une dizaine de t. m. significatives, dont 7 par excès et 3 par défaut. Quant aux hivers, C_h est tel qu'il n'y a aucune t. m. significative. Nous trouvons ici une première justification à l'anomalie citée plus haut. La présence de t. m. significatives d'une influence différente de celle du hasard déterminé par la loi de probabilité normale perturbe la valeur observée de χ_e^2 en l'augmentant et abaisse du même fait la probabilité $P\{\chi^2 > \chi_e^2\}$.

Un test analogue permet de déterminer si une moyenne groupale, calculée à partir d'un certain nombre d'observations consécutives, s'écarte significativement de la moyenne globale. L'effectif du groupe est sa caractéristique principale : il détermine l'échelle à laquelle agit le phénomène responsable de la signification. Si dix étés consécutifs forment un groupe significativement chaud, on peut conclure que pendant dix ans un certain phénomène de réchauffement a déterminé le climat en un certain point. L'amplitude de la période peut faciliter les recherches relatives aux causes du phénomène. Un groupe d'effectif k et de moyenne $\overline{T}_k$ est dit significatif lorqque

$$\left| \overline{T}_k - \overline{T} \right| > C_k.$$

La constante C_k dépend outre des facteurs cités plus haut pour C, de l'effectif k. Pour la suite des étés on calcule que

$$C_k = 1{,}77 \sqrt{\frac{1}{k}}.$$

Les groupes d'étés significativement chauds sont rares, sauf en ce qui concerne les années 1925-1946. On constate, par exemple, que les groupes d'effectifs 16 1932-1947, 1931-1946, ..., 1925-1940, sont tous significatifs. La signification est néanmoins de moins en moins marquée dans l'ordre cité. Cela implique un lent réchauffement depuis 1925, au moins. Nous reprendrons cette conclusion, au § suivant.

Supposons maintenant que l'hypothèse de normalité ne soit pas faite, ou bien, qu'il nous la faut rejeter. Il n'est pas possible, alors, de spécifier la forme de la fonction de distribution répartissant les populations dont sont extraits les échantillons qui nous intéressent. Dans ce cas on utilise des tests dits non-paramétriques qui sont indépendants de la population parent. Ces tests permettent de tester un grand nombre d'hypothèses statistiques ; entre autres, la signification d'une observation individuelle. Le test est basé sur l'inégalité de Tchebytcheff ou sur l'une de ses variantes. Par exemple, lorsqu'on peut espérer que la répartition est symétrique autour de la moyenne population μ et qu'elle n'admet qu'un seul mode, on peut écrire que

$$P\{ |X - \mu| \geqslant h\sigma \} \geqslant \frac{4}{9} \cdot \frac{1}{h^2}$$

où X est la variable aléatoire, μ sa moyenne, σ l'écart type et h un nombre positif. Au niveau de signification 5 %, $h \geqslant 3$. Généralement on estime μ au moyen de $\overline{T}$ et σ au moyen de l'écart type échantillon S. Pour la suite des t. m. d'été la constante C_e qui valait 1,75 avec l'hypothèse de normalité, vaut maintenant h. $\sigma = 3.\ 0{,}8 = 2{,}4$. Le test est beaucoup plus grossier, mais plus sûr.

§ 3. Le réchauffement climatique.

Le graphique des t. m. annuelles indique, clairement, que depuis 1885 environ, nous subissons, à Uccle tout au moins, un lent réchauffement en moyenne. Ce phénomène apparaît sur le graphique des t. m. d'été et semble inexistant sur le graphique des t. m. d'hiver.

Nous n'envisagerons pas les causes du phénomène. Nous nous demanderons simplement si du point de vue statistique il existe « réellement » un phénomène de réchauffement moyen. Le statisticien se demande si la tendance observée sur les graphiques ne résulte pas seulement du hasard ; c.-à-d., de la loi de probabilité qui régit la population des t. m. ; il se demande si le phénomène est suffisamment accentué et persistant pour n'être pas autre chose qu'un accident aléatoire dans la suite du temps. Nous verrons tout à l'heure que le phénomène est significatif ; c.-à-d., qu'il existe réellement un réchauffement moyen affectant notre climat.

Il faut avant cela émettre quelques considérations relatives au caractère aléatoire des échantillons de mesures.

Un échantillon de mesures est aléatoire lorsque les observations sont faites au hasard, les variables étant distribuées suivant certaines lois de probabilité.

Un échantillon est simple lorsque les variables aléatoires sont indépendamment distribuées suivant la même loi de probabilité. On dit qu'un échantillon aléatoire et simple est un ensemble de valeurs particulières prises par une variable aléatoire distribuée suivant une certaine fonction de répartition. On dit aussi qu'un échantillon aléatoire et simple est dans l'état de contrôle statistique, la plupart des problèmes qui se posent ne pouvant être résolus qu'à cette condition.

En général on fait, a priori, l'hypothèse du caractère aléatoire et simple des échantillons que l'on étudie. Il s'agit néanmoins, là, d'une hypothèse statistique susceptible d'être testée, soit globalement, soit séparément, selon que l'on s'intéresse au caractère aléatoire ou au caractère simple d'un échantillon. C'est un test du caractère simple que nous nous proposons d'exposer ici, et d'appliquer aux suites des t. m. des étés et des hivers de 1913 à 1947 afin de montrer qu'une certaine liaison stochastique existe entre deux t. m. consécutives et qu'ainsi ces échantillons bien qu'aléatoires ne sont pas simples.

Soit un échantillon de mesures

$$X_1, X_2, \ldots, X_m$$

Les variables étant aléatoires, soit $F_i(x_i)$ la fonction de distribution de X_i. Nous exprimerons qu'il existe une tendance positive dans l'échantillon si les fonctions F_i satisfont aux inégalités suivantes :

$$F_i > F_j \quad \text{avec} \quad i < j$$

Cela exprime que X_i est stochastiquement inférieur à X_j lorsque $i < j$. Pour tester l'hypothèse du caractère simple de l'échantillon (toutes les fonctions F_i égales), relativement à l'hypothèse d'une tendance positive, MANN (2) a proposé un test basé sur la variable U égale au nombre de couples (X_iX_j) tels que $X_i > X_j$ lorsque $i < j$, que l'on observe dans l'échantillon. U est une variable aléatoire distribuée indépendamment des distributions F_i lorsque l'hypothèse que l'on teste est vraie, c.-à-d., lorsque l'échantillon est simple. MANN a donné la table de la distribution de U pour de petites valeurs de m en remarquant que pour $m > 10$ l'approximation normale suffit. Il est évident que si une tendance positive existe réellement, U tend à avoir une petite valeur. En conséquence le test consiste à rejeter l'hypothèse du caractère simple de l'échantillon lorsqu'on observe une valeur de U telle que

$$U \leqslant \bar{u} \quad \text{si} \quad m \leqslant 10$$
$$U \leqslant \mu U - \lambda_\alpha \sigma U \quad \text{si} \quad m > 10$$

où $\bar{u}$ est fourni par la table de MANN ;

μU est la moyenne de U et vaut $\dfrac{m(m-1)}{4}$,

σU est l'écart type de U et vaut $\sqrt{\dfrac{2n^3 + 3n^2 - 5n}{72}}$,

λ_α est la valeur α % de la distribution normale, c.-à-d., I, 645 si $\alpha = 5$ % ; α étant le niveau de signification.

Nous sommes en mesure d'appliquer le test aux suites des t. m. des étés et des hivers de 1913 à 1947. Les deux effectifs étant égaux à 35, on calcule que

$$\mu U = 297{,}5$$
$$\sigma U = 35{,}2$$

Le seuil critique commun vaut donc

$$297{,}5 - 1{,}645 \cdot 35{,}2 \sim 240.$$

Il nous reste à observer le nombre de couples (T_iT_j) tels que $T_i > T_j$ si $i < j$. La suite des t. m. d'été présente 158 couples ; la suite des t. m. d'hiver en présente 331. En conséquence, on est amené à rejeter l'hypothèse du caractère simple de l'échantillon des t. m. d'été de 1913 à 1947 et à ne pas rejeter cette hypothèse pour l'échantillon des t. m., homologues, des hivers. Le réchauffement moyen observé sur le graphique des t. m. d'été, et déjà mis en évidence au § précédent, n'est donc pas dû au hasard ; on dit qu'il est significatif. On trouve ici une seconde justification à l'anomalie observée au § précédent et relative à la faible confiance accordée à l'ajustement normal de la suite des t. m. d'été.

En effet, les 35 dernières observations ne constituant pas un échantillon simple, il n'existe pas de fonction de distribution susceptible de les ajuster.

Les résultats de ce test sont confirmés par l'application d'autres tests non-paramétriques. Du point de vue climatologique il pourrait être intéressant de tester la signification de la tendance annuelle et d'appliquer le test aux suites des t. m. observées en d'autres points de la terre afin de définir l'échelle du phénomène de réchauffement.

§ 4. Corrélation entre les T. M. d'été et d'hiver.

L'anomalie du point de vue de l'allure générale, entre les graphiques des t. m. saisonnières et annuelles, suggère d'étudier la corrélation entre les t. m. d'été et les t. m. d'hiver, en ne considérant toutefois que les couples formés d'une t. m. d'un hiver suivant un été particulièrement chaud et la t. m. de cet été. Dans une étude climatologique de la question, Vandenplas (1) suggère l'existence d'une corrélation positive.

Tout le problème se ramène au choix des étés chauds. Vandenplas utilise à cet égard le critère de Chapman, bien connu des climatologistes. Ce critère indique qu'une t. m. est « exceptionnelle » (élevée ou basse) si son écart par rapport à la moyenne globale est supérieure en valeur absolue à 3 fois l'écart type ; un écart compris entre 2 et 3 fois l'écart type est « très anormal » ; entre 1 et 2 fois l'écart type, l'écart est « anormal » ; enfin, un écart inférieur à l'écart type est « normal ». Un tel critère n'exprime aucune conclusion statistique ; d'autre part, il n'est applicable que dans le cas d'une distribution normale. En conséquence, son utilisation pour sélectionner les t. m. d'été significatives n'est pas justifiée, surtout en ce qui concerne les années 1913-1947 constituant, comme nous l'avons vu au § précédent, un échantillon non simple.

Nous allons voir qu'une analyse statistique de ce problème basée sur l'hypothèse de normalité (hypothèse non jutifiée au même titre que l'emploi du critère de Chapman) conduit au doute. Tandis qu'une analyse statistique indépendante des distributions parents — c.-à-d., non-paramétrique — conduit à ne pas rejeter l'hypothèse d'homogénéité des t. m. d'hiver.

Nous exposons tout d'abord le test paramétrique basé sur l'hypothèse de normalité.

Soient n observations X_i et n observations Y_i extraites de deux univers distincts ou non. Le coefficient de corrélation échantillon est défini par

$$R = \frac{\Sigma(X_i - \overline{X})\,(Y_i - \overline{Y})}{\sqrt{\Sigma(X_i - \overline{X})^2 . \Sigma(Y_i - \overline{Y})^2}}$$

où X et Y sont les moyennes respectives des deux échantillons et où les signes Σ agissent sur les indices i de 1 à n. Si l'on suppose que les n paires $(X_i Y_i)$ sont extraites d'une population bidimensionnelle bien spécifiée — par exemple, normale — on définit le coefficient de corrélation population par

$$\rho = \frac{\mu(X - \mu X)\,(Y - \mu Y)}{\sqrt{\mu(X - \mu X)^2 \mu(Y - \mu Y)^2}}$$

où μ est l'opérateur de la moyenne ; μX représente donc la moyenne population des X seulement. Lorsque l'univers bidimensionnel est réparti normalement, la distribution du coefficient R est bien connue et tabulée depuis longtemps par R. A. FISHER. En général on teste l'hypothèse $\rho = 0$; cela revient, d'ailleurs, a tester l'indépendance des variables X et Y. FISHER a publié une table fournissant les valeurs significatives de R à plusieurs niveaux de signification (3). Nous sommes donc en mesure d'appliquer le test.

Considérons les échantillons formés, d'une part, des t. m. d'été significativement élevées (comme cela a été défini au § 2) et d'autre part, des t. m. des hivers qui suivent. Six cas seulement se présentent. On observe $R = 0{,}78$. La table de FISHER indique que cette valeur est comprise entre les seuls correspondant aux niveaux 5 et 10 %. Cela signifie qu'au niveau 5 % on ne rejette pas l'hypothès $\rho = 0$; tandis qu'il faut la rejeter au niveau de signification 10 %. Un statisticien scrupuleux ne rejettera pas l'hypothèse $\rho = 0$ et sera donc amené à conclure à l'indépendance des variables. Néanmoins, un niveau de signification de 10 %, c.-à-d., une probabilité d'erreur de rejet ou de non-rejet ne valant que 10 %, pourrait éventuellement être admise en climatologie. Et dans ce cas on rejetterait l'hypothèse $\rho = 0$; ce qui revient pratiquement à admettre une certaine corrélation positive entre les variables considérées. On voit que le test ne résout pas entièrement la question et qu'un certain doute vient entacher les conclusions.

Une manière de lever le doute, dont l'efficacité n'est qu'apparente, consiste à considérer des échantillons d'effectifs plus importants. Nous disons que l'artifice est inopérant : en effet, la validité du test utilisé ici n'est pas diminuée du fait de la petitesse des échantillons. D'autre part, pour augmenter l'effectif des échantillons, il faut considérer d'autres t. m. d'été que celles qui sont significativement élevées, ce qui fausse tout à fait les conclusions du test. Néanmoins à titre d'exemple, considérons les t. m. d'été supérieures ou égales à 18° C. Il y en a 21. Le coefficient de corrélation entre ces t. m. et celles des hivers suivants vaut 0,438. Cette valeur est comprise entre les seuils 5 et 2 % de la table de FISHER. L'observateur serait donc amené à rejeter l'hypothèse $\rho = 0$.

Le même test, appliqué au problème de la corrélation entre les t. m. d'été chauds et les t. m. des hivers précédents, conduit également au non-rejet de l'hypothèse $\rho = 0$. Mais cette fois sans d'autre doute que celui résultant de l'hypothèse erronnée de normalité. Nous voulons dire par là que même à un niveau supérieur à 5 % (10 par ex.), on est toujours amené à ne pas rejeter l'hypothèse $\rho = 0$.

Pour tenter de lever le doute il ne nous reste comme moyen que de nous dégager de l'hypothèse de normalité. Un test non-paramétrique s'impose donc, dont nous indiquons tout d'abord la marche théorique.

Soient encore une fois deux échantillons extraits de deux univers distincts :

$$X_1 X_2, \ldots, X_m \qquad Y_1, Y_2, \ldots, Y_n .$$

Sur la base de ces deux échantillons nous allons tester l'hypothèse que les univers dont ils proviennent sont identiques. On en conclura, par exemple, que les moyennes populations μX et μY sont les mêmes.

Considérons l'échantillon ordonné par valeurs croissantes des X et des Y :

$$Z_1, Z_2, \ldots, Z_{m+n} .$$

Remplaçons-y les Z provenant des X par « *a* » et les Z provenant des Y par « *b* » ; d'ou, par exemple,

$$abbaababaabba$$

dans le cas où $m = 7$ et $n = 6$.

On appelle séquence homogène tout groupe d'une même lettre borné par une autre lettre. Dans l'exemple ci-dessus il y a 9 séquences homogènes. Soit V, d'une manière générale, le nombre de séquences homogènes observées. On a montré, (4), que la distribution de V est indépendante de la fonction de répartition de l'univers des X et des Y quand l'hypothèse que l'on teste est vraie. Un test basé sur V est donc non-paramétrique. La distribution de V a été tabulée, (5), pour m et n inférieurs à 20. Pour m et n grands on a montré également que l'approximation normale suffit. On remarque immédiatement que tout écart par rapport à l'hypothèse que l'on teste tend à abaisser le nombre de séquences homogènes. Le test consiste donc à rejeter l'hypothèse lorsqu'on observe

$$V < \bar{v} \text{ lorsque } m, n \leqslant 20$$
$$V < \mu V - \lambda_\alpha \sigma V \text{ lorsque } m, n > 20$$

où $\bar{v}$ est un seuil fourni par la table (5) ;

μV est la moyenne de V et vaut $\dfrac{2m}{1+\gamma}$,

σV est l'écart type de V et vaut $2\sqrt{\dfrac{\gamma m}{(1+\gamma)^3}}$,

$\gamma = \dfrac{m}{n}$,

$\lambda_\alpha = 1{,}645$ si le test est effectué au niveau 5 %.

$\lambda_\alpha = 1{,}281$ si le test est effectué au niveau 10 %.

Une remarque s'impose encore. Le test n'est théoriquement applicable que dans le cas où les répartitions sont continues. Dans ce cas, la probabilité d'événements tels que

$$X_i = X_j, \; X_i = X_j, \; Y_i = Y_j$$

est nulle. Or, la distribution considérée ici est pratiquement discontinue et il se peut que l'on rencontre des températures égales dans les deux échantillons. La suite des « *a* » et « *b* » présente alors des anomalies comme par exemple

$$\begin{matrix} & b & b & \\ a & \| & \| & a \\ & a & a & \end{matrix}$$

On convient de remplacer cette séquence par la suivante :

aababa

ou bien par

ababaa

ce qui du point de vue du nombre de séquences homogènes revient au même.

Nous sommes en mesure d'appliquer le test. Considérons tout d'abord les deux échantillons suivants : l'un formé des t. m. des hivers suivant les étés significatifs, l'autre formé de toutes les autres t. m. d'hiver. On ordonne les 115 observations et on y observe 12 séquences homogènes. Or un simple calcul montre que

$$\mu V - \lambda_\alpha \sigma V = 11{,}5 - 1{,}645 \ . \ 2 \sim 9$$

au niveau 5 % ; tandis qu'au niveau 10 % on a $11{,}5 - 1{,}3 \times 2 \sim 9$. Les deux fois on a forcé jusqu'à l'unité supérieure.

On constate d'ailleurs que la table, (5), fournit au niveau 5 % et pour $m = 6$ et $n = 10$, un seuil critique égal à 6. On ne peut donc pas rejeter l'hypothèse exprimant que les deux échantillons proviennent du même univers. Et cela pour des niveaux de signification aussi élevés qu'on le veut.

D'autre part, considérons également les deux échantillons formés des t. m. des hivers suivant les t. m. d'été supérieures ou égales à 18° C, et toutes les autres t. m. d'hiver. Les 115 observations ordonnées présentent cette fois 38 séquences homogènes ; tandis que le seuil critique vaut

$$\mu V - \gamma_\alpha \sigma V \sim 34 - 1{,}645 \ . \ 3{,}2 \sim 29$$

au niveau 5 %, tandis qu'au niveau 10 % on a :

$$34 - 1{,}3 \times 3{,}2 \sim 29.$$

On a forcé également à l'unité supérieure.

Encore une fois on ne peut pas rejeter l'hypothèse d'homogénéité de la suite des t. m. d'hiver. Et cela pour n'importe quel niveau de signification. Rien ne distingue, dans leur ensemble, les t. m. des hivers suivant des étés chauds, des t. m. de tous les hivers. Au lieu de considérer les t. m. d'été, on peut considérer les t. m. de la période avril-octobre, et se demander s'il n'existe pas dans ce cas une certaine corrélation entre ces t. m. et celles des hivers qui suivent. Le test non-paramétrique utilisé plus haut conduit à la même conclusion que dans le cas où l'on considère les t. m. d'été.

D'autres tests non-paramétriques ont été appliqués à ce problème. Ils corroborent tous le résultat obtenu ici.

BIBLIOGRAPHIE

1. VANDENPLAS, A., 1948. — Variation séculaire de la température à Bruxelles-Uccle. *Miscellanées*, fasc. XXXV ; I. R. M. B.
2. MANN, H. B., 1945. — Non parametric test against Trend. *Econometrika*, vol. 13.
3. FISHER, R. A., 1947. — *Les méthodes statistiques adaptées à la recherche scientifique*. Trad. par I. Bertrand. P. U. F.
4. WALD et WOLFOWITZ, 1940. — *Annals of Math. Stat.*, v. 11.
5. SWED et EISENHART, 1943. — *Annals of Math. Stat.*, v. 14.

NOTES

Réactifs d'identification des sucres sur papier

par J. Casimir et R. Huygens.

Depuis la première publication de Partridge (1) l'analyse des sucres par séparation chromatographique sur papier a pris un développement considérable. Un nombre important d'articles ont paru à ce sujet et la méthode est employée avec succès dans de nombreux laboratoires industriels.

Différents réactifs permettant la détermination des sucres sur papier ont été décrits. Partridge emploie une solution ammoniacale de nitrate d'argent qui, par réduction, donne des spots bruns ou noirs. Cette réaction présente de multiples désavantages ; de nombreuses substances réductives sont susceptibles de la produire. La modification de Trevelyan (2) ne semble pas plus commode. L'auteur vaporise sur le papier une solution acétonique saturée de nitrate d'argent puis une solution alcoolique de soude ; après l'apparition des spots, l'excès d'oxyde d'argent est dissout par immersion de la bande de papier dans de l'ammoniaque 6N.

Une série d'autres réactifs ont été proposés. Forsyth (3) a utilisé différentes solutions phénoliques acidifiées par l'acide trichloracétique : le phloroglucinol, l'α naphtol, l'orcinol et le naphtorésorcinol ; la présence d'acide orthophosphorique augmente la sensibilité de ces réactions (4).

Partridge (5) a proposé le phtalate acide d'aniline qui est très sensible dans le cas des aldopentoses et des aldohexoses. Horrocks (6) utilise la benzidine en solution alcoolique additionnée d'acide acétique ; ce réactif, qui révèle un grand nombre de sucres, ne donne pas de réaction nette avec les sucres non réducteurs. Signalons encore la β naphtylamine (7), le chlorure de triphényltétrazole (8), l'acide 3-5 dinitrosalycilique (9), le chlorhydrate de p aminodiméthylaniline (10) sous la forme du sel double du chlorure de zinc, l'oxydation par l'acide périodique ou le tétracétate de plomb (11 et 12) utilisée dans le cas des sucres non réducteurs ; cette dernière réaction s'est révélée très intéressante pour l'identification des polyalcools.

Au cours de recherches relatives à la chromatographie des sucres et des

polyalcools, nous avons vérifié la réaction des acides biliaires sur les sucres (13) en l'appliquant à l'identification sur papier. Nous avons utilisé l'acide glycocholique, l'acide taurocholique, le glycocholate de zinc et le taurocholate de sodium. Nous avons employé des solutions à 0,5 % en présence de 10 % d'acide orthophosphorique. L'acidification par l'acide trichloracétique diminue l'intensité des spots. Les feuilles après vaporisation du réactif sont chauffées à l'étuve vers 110-120° C pendant quelques minutes. Après deux minutes nous avons noté l'apparition de spots rouges prenant ensuite une teinte brune plus ou moins foncée. Le sorbose, le fructose, le turanose, le raffinose, le saccharose et le mélézitose donnent des spots très marqués, la réaction est sensible pour de très petites quantités de ces sucres ; on révèle facilement après un chauffage d'environ cinq minutes l'arabinose, le xylose, le mannose et le rhamnose. La réaction est faible pour les autres sucres. L'examen des chromatogrammes sous la lumière U. V. en raison de la fluorescence des spots renforce l'intensité de la réaction.

Le tableau qui suit contient les valeurs des Rf de différents sucres calculées sur des chromatogrammes révélés par la solution de glycocholate de zinc ou celle d'acide glycocholique. Nous avons chaque fois déposé sur le papier une goutte de la solution de sucre à 2,5 %.

TABLEAU.

Glucides	Valeurs des Rf pour différents solvants		
	BuOH 5 HAc 1 H_2O 2	BuOH 4 EtOH 1 H_2O 5	C_6H_6 1 BuOH 5 Pyrid. 3 H_2O 3
Arabinose	0,26	0,19	0,34
Sorbose	0,19	0,18	0,31
Xylose	0,25	0,21	0,40
Glucose	0,21	0,13	0,27
Galactose	0,17	0,11	0,22
Fructose	0,25	0,15	0,32
Mannose	0,26	0,16	0,33
Rhamnose	0,40	0,38	0,49
Turanose	0,13	0,07	0,20
Cellobiose	0,06	0,04	0,03
Raffinose	0,03	0,01	0,05
Saccharose	0,13	0,08	0,20
Lactose	0,07	0,03	0,09
Mélibiose	0,07	0,04	0,10
Mélézitose	0,04	0,03	0,12

Les valeurs des Rf obtenues sont parallèles à celles renseignées par la littérature. Le choix des réactifs que nous signalons se justifie pour l'identification

de sucres non réducteurs comme le saccharose ou le raffinose que la benzidine ne révèle pas.

Chaire de Chimie générale et Centre National de Chimie Organique
(Prof. M. Renard)

BIBLIOGRAPHIE

1. Partridge, S. M., 1948. — *Biochem. J.*, **42**, 238.
2. Trevelyan, W. E., Procter, D. P. et Harrison, J. S., 1950. — *Nature*, **166**, 444.
3. Forsyth, W. G. C., 1948. — *Nature*, **161**, 239.
4. Bryson, J. J. et Mitchell, T. J., 1951. — *Nature*, **167**, 864.
5. Partridge, S. M., 1949. — *Nature*, **164**, 443.
6. Horrocks, R. H., 1949. — *Nature*, **164**, 444.
7. Novellie, L., 1950. — *Nature*, **166**, 745.
8. Wallenfels, K., 1950. — *Die Naturwissenschaften*, **37**, 1950.
9. Jeanes, A., Wise, C. S. et Dimler, R. J., 1951. — *Anal. chem.*, **23**, 415.
10. Schneider, F. et Erlemann, G. A., 1951. — *Zucker-Beihefte*, septembre.
11. Flood, A. E., Hirst, E. L., et Jones, J. K. N., 1947. — *Nature*, **160**, 87.
12. Buchanan, J. G., Dekker, C. A. et Long, A. G., 1950. — *J. Chem. Soc.*, 3162.
13. Tashiro et Tietz, 1930. — *J. Biol. chem.*, **87**, 307.

Immunité conférée à *Datura stramonium* par une première inoculation de *Agrobacterium tumefaciens* ; résultats négatifs sur tomate (*Lycopersicum esculentum*)

par Z. Straszewska et P. Manil.

J. Magrou dans son étude publiée en 1938 dans les « Annales de l'Institut Pasteur » (1) et dans son ouvrage « Les maladies des végétaux » (2), relate une série d'expériences effectuées sur *Pelargonium zonale*. Cette espèce végétale, inoculée une première fois par *Agrobacterium tumefaciens*, présentait lors d'une inoculation ultérieure, faite 3-5 mois plus tard, des phénomènes d'immunité, auxquels s'ajoutaient parfois des phénomènes d'hypersensibilité.

Deux amples revues bibliographiques ont aussi été faites sur l'immunité acquise chez les végétaux, par Savulescu (3) et Nobécourt (4). Signalons aussi le travail publié par l'un d'entre nous en 1936 (5). Des résultats positifs y sont notés à côté de résultats négatifs.

Les essais sur l'immunité acquise que nous avons effectués, portaient sur *Datura stramonium* et sur la Tomate *(Lycopersicum esculentum)*. Des essais préliminaires, effectués l'année précédente sur ces mêmes plantes nous ont fait entrevoir : 1) la possibilité de l'existence du phénomène d'immunité acquise chez *Datura stramonium*, phénoméne moins marqué ou inexistant chez la Tomate, et 2) l'impossibilité de produire la réaction immunitaire, si, chez *Datura* la seconde inoculation se fait trop rapidement après la première Ce dernier point semble du reste normal, *a priori*.

Les essais furent répétés cette année et portaient donc sur l'immunité acquise chez *Datura* et éventuellement chez la Tomate. Il s'agissait en l'occurrence de préciser quelque peu les conditions d'apparition du phénomène immunitaire éventuel chez ces espèces végétales.

Technique :

a) 6 *Datura* et 6 Tomates âgés d'environ 3 semaines, furent inoculés une première fois le 15.5 par une suspension dense de *Agrobacterium tumefaciens* (4 piqûres dans chaque tige).

17 jours après (le 2.6) alors que les tumeurs étaient en pleine évolution nous avons procédé à une seconde inoculation. Ces inoculations supplémentaires ont été opérées entre les tumeurs déjà apparues. Des plantes témoins furent inoculées en même temps.

Un mois après, (le 30.7) toutes les plantes développèrent des tumeurs aux endroits où fut pratiquée la deuxième inoculation.

b) Un nouveau lot de 6 Tomates et 6 *Datura* fut inoculé de la même manière que précédemment, la première fois le 15.5.

Un mois et 1/2 plus tard, (le 30.7.) lorsque les tumeurs dues à la première inoculation avaient la grosseur d'un grain de pois, les plantes furent réinoculées entre les tumeurs primitives. Chaque plante reçut 5 nouvelles piqûres. Deux plantes témoins furent inoculées en même temps pour chacune des deux espèces.

Résultats :

3 semaines après (le 25.8) on ne pouvait encore observer aucune tumorisation à l'endroit des deuxièmes inoculations chez 3 des 6 *Datura* traités. Chez les 3 autres, on voyait par contre, dans les cicatrices laissées par l'aiguille, de petites éruptions de la grosseur d'une tête d'épingle, tandis que les tumeurs chez les témoins étaient beaucoup plus développées et atteignaient presque les dimensions des tumeurs résultant des premières inoculations (photos 1 et 2).

Les plantes furent gardées en observation jusqu'au 22.10.

Sur 24 inoculations au total, pratiquées entre les tumeurs primitives, 5 ont produit de petites tumeurs de 0,3-0,5 cm de diamètre ; 3 n'ont produit que de minuscules éruptions à l'intérieur des cicatrices, éruptions qui n'ont plus évolué au cours de l'essai ; 10 inoculations ne produisirent aucune tumeur. Notons cependant que 6 inoculations situées à l'extrémité supérieure des plantes traitées, produisirent des tumeurs, mais un peu plus petites que celles des témoins. Nous n'avons pas pu observer les phénomènes d'hypersensibilité signalés par MAGROU.

Dans ce qui précède, il ne s'agit que de *Datura*, car *toutes* les *Tomates* inoculées la deuxième fois, produisirent des tumeurs apparemment normales.

Conclusions : Il semble donc, d'après ce qui précède, que : 1) *Datura* soit susceptible de répondre à une première infection par *Agrobacterium tumefaciens*, par une immunité acquise. Par contre, dans les conditions de nos essais, la *Tomate* n'a manifesté aucune réaction immunitaire ; 2) l'intensité de la réaction immunitaire est variable : depuis l'immunité partielle plus ou moins grande, jusqu'à l'immunité totale (absence de toute tumeur) ; 3) la réaction immunitaire n'a manifesté ses effets, dans les conditions de nos essais, que dans une zone limitée : entre deux tumeurs. Ainsi, lors de la deuxième inoculation, lorsque nous avons opéré deux infections l'une à côté de l'autre, l'immunité s'est manifesté plus nettement à l'endroit le plus proche de la tumeur déjà

FIG. 1. — A droite, plante témoin inoculée le 30-7-51.
Les 3 plantes de gauche furent inoculées 1°) le 15-6 (tumeurs visibles) ; 2°) le 30-7, entre les tumeurs primitives.
Photo prise le 20-9).

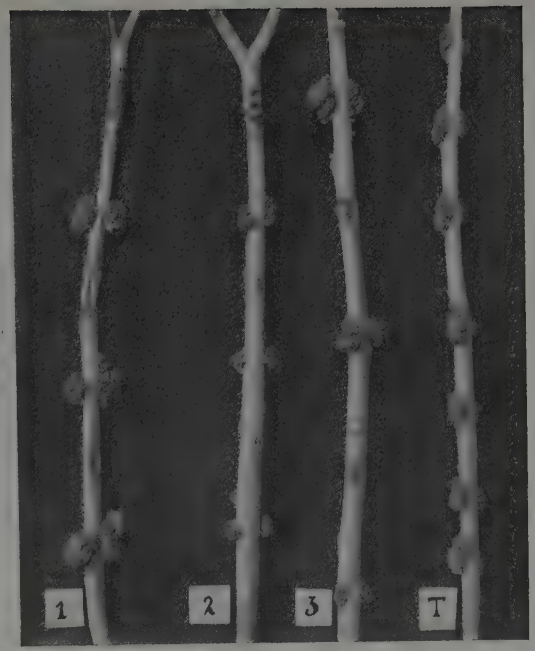


FIG. 2. Comme fig. 1.
1, 2, 3 : Inoculation 1°) le 15-6 ; 2°) le 30-7.
T : Témoin inoculé le 30-7. (*Photo prise le* 27-8).

existante. De même, une inoculation pratiquée à une distance de plus de 10 cm d'une tumeur produisit une réaction néoplasique. Ces observations semblent confirmer les conclusions analogues de MAGROU (2) ; 4) la réaction immunitaire ne se produisit qu'après un certain temps, qui, dans nos expériences, a varié de 3 semaines à un mois et 1/2 ; 5) nous avons pu observer aussi que l'intensité de la réaction immunitaire était en rapport direct avec la grosseur des tumeurs dues à la première inoculation.

Nous préférons n'émettre ici aucune hypothèse sur le mécanisme en cause. Constatons simplement le fait d'une immunité acquise à la suite d'une première infection par *Agrobacterium tumefaciens*. Dans l'apparition de cette immunité plusieurs facteurs semblent entrer en jeu : l'espèce à laquelle appartiennent les plantes utilisées dans l'essai, (ce qui expliquerait les résultats contradictoires obtenus par plusieurs auteurs) ; la température, qui conditionnerait en partie le degré de développement des premières tumeurs ; le temps écoulé entre la première et la deuxième infection et enfin la distance entre les tumeurs primaires et les points de deuxième infection.

(Chaire de Microbiologie ;
Centre National pour l'étude de la Croissance
Normale et Pathologique)

BIBLIOGRAPHIE

1. MAGROU, J. — *Ann. Inst. Past.*, **60**, p. 565, 1938.
2. MAGROU, J. — Les Maladies des Végétaux, E. S. F., Édit., 1948.
3. SAVULESCU, TR. — L'Immunité aux Maladies bactériennes des Plantes. Imprimerie Soulisse Martin, Niort, 1936.
4. NOBÉCOURT, P. — Le Problème de l'Immunité chez les végétaux. *Bull. de l'Ass. des Diplomés de Microbiologie de la Faculté de Pharmacie de Nancy*, 17 déc., Nancy, Société d'Impressions Typographiques, 1939.
5. MANIL, P. — *Acad. Roy. de Belgique*. Mémoires, 2^e série, t. XV, 1936.

A propos de l'examen mycologique du sol :

DESCRIPTION D'UNE MÉTHODE

par N. Wiltgen et Ch. Bonnier

Introduction.

L'étude qualitative et quantitative des moisissures du sol se heurte à des difficultés techniques sérieuses.

La méthode classique des dilutions est inutilisable à notre avis, pour la plupart des études. Les moisissures se trouvent en effet dans le sol à la fois sous la forme de mycelium végétatif et sous la forme de spores. Le mycelium qui se brise en petites particules, plus ou moins rapidement et plus ou moins facilement, suivant les espèces, est intimement lié aux granules de terre. Or, la méthode qui consiste à diluer une suspension initiale de sol à 1 : 1.000, 1 : 10.000 et plus, élimine pratiquement toutes les particules de sol. Seules subsistent dans les fortes dilutions, les seules employées pour l'ensemencement des plaques, les spores et quelques très petits fragments de mycelium. Les filaments de mycelium, constituant dans le sol la forme métaboliquement active, dynamique si l'on veut, sont éliminés par la méthode et échappent à l'observateur.

Peut-on croire que les spores, servant à l'ensemencement des plaques dans la méthode des dilutions, permettent facilement l'identification des formes végétatives, imbriquées au sol ? Rien n'est moins sûr ; les plaques ainsi obtenues ne peuvent montrer que des espèces qui sporulent abondamment et qui parfois n'ont, au point de vue sol, qu'une importance tout à fait relative. Ceci est vrai tout particulièrement de certaines espèces appartenant aux genres *Aspergillus*, *Penicillium* par exemple, qui apparaissent toujours en grande abondance sur les boîtes ensemencées par la méthode des dilutions. Ces espèces notamment se développent sur la plupart des milieux, avec une telle facilité et une telle rapidité qu'elles masquent des espèces intéressantes du sol, mais à développement lent sur les milieux utilisés.

Waksman (1) fait d'ailleurs remarquer que les moisissures trouvées dans le sol, par la méthode des plaques, ne représentent qu'une petite fraction de la population fongique totale.

Peut-on espérer mieux des méthodes d'observation directe ?

Sans aucun doute. La méthode de JONES et MOLLISON (2) notamment marque un progrès certain dans la détermination quantitative de la population microbienne du sol, particulièrement en ce qui concerne les bactéries. Quant à l'examen des moisissures, les méthodes d'observation directe sont plus aléatoires. En effet, il y a confusion possible des spores de moisissures avec des spores bactériennes. De plus, la détermination, même approximative, des espèces est très difficile voire impossible, sauf le cas, plutôt rare, où l'on observe au microscope une fructification complète.

Ainsi donc, le microbiologiste du sol qui veut entreprendre l'étude de la population fongique des sols, celui notamment qui veut comparer la population de sols divers, et cette étude serait indubitablement d'un grand intérêt pédologique, se heurte à des difficultés techniques très sérieuses.

Dans le but précisément d'entamer une telle étude, nous avons entrepris l'étude d'une technique qui permette d'apprécier la population fongique du sol. Nous pensons avoir mis au point une méthode intéressante, que nous nous proposons d'exposer ici.

MÉTHODES.

Nous avons pensé, étant donnés les désavantages de la méthode des dilutions, qu'il y avait intérêt à ensemencer massivement les boites de Pétri, contenant un milieu déterminé. Afin d'éviter le développement des bactéries, nous avons utilisé un milieu additionné de rose bengal, suivant la méthode de O. N. ALLEN (3).

Glucose.....	10.0	g.
$NaNO_3$	1.0	g.
K_2HPO_4	1.0	g.
Extrait de sol	1000.0	ml.
Rose bengal	0.067	g.
Agar	15.0	g.

L'extrait de sol se prépare en autoclavant 500 g. d'un sol humifère dans 1.200 ml d'eau distillée pendant une heure ; on filtre à travers papier. Le volume final de 1 litre doit avoir un pH de 6,5 à 7.

Lors de la mise au point de la méthode, nous disposions des deux sols :

A : sol de culture maraichère, en provenance des jardins de l'Institut Agronomique de l'État, à Gembloux, sol dont le pH était de 7,5.

B : sol forestier, originaire du plateau de Saint-Hubert, de réaction nettement acide, (pH 4).

De ces deux sols, sèchés à température ordinaire et passés au mortier, des échantillons de 0.5 g. ont été prélevés et répartis uniformément au fond d'une

boite de Petri. Après 4 jours d'incubation à 27° C., nous avons observé les différences figurées dans le cliché ci-dessous :

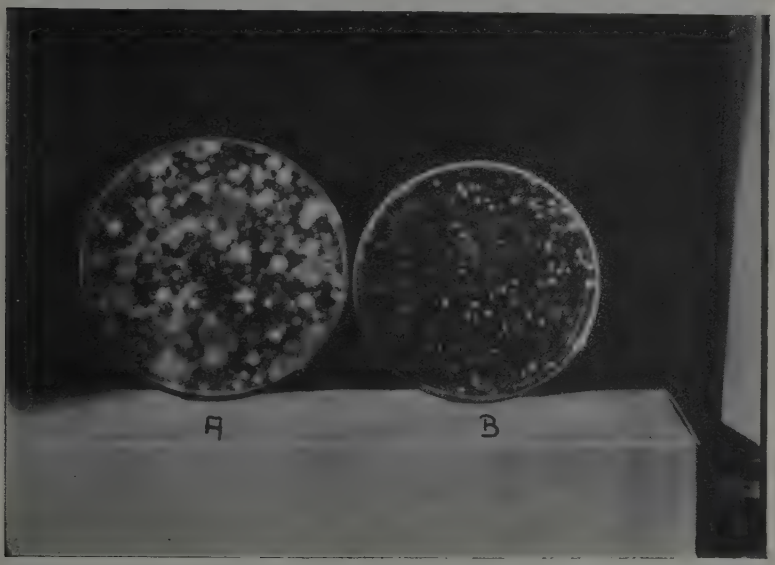


Fig. 1.

La nette différence observable nous permet de parler d'« image fongique » d'un sol donné.

Le résultat obtenu, vérifié par de nombreuses répétitions, est nettement significatif et de loin supérieur aux résultats variables obtenus, pour les mêmes échantillons de sol, par la méthode classique des dilutions.

Dans la méthode décrite ci-dessus, l'utilisation directe de 0.5 g. de sol comme inoculum présente néanmoins certaines difficultés. La suspension directe dans le milieu d'un sol léger est souvent très difficile à réaliser. La terre tend à se rassembler en certains points de la surface de la plaque ; il en résulte une distribution irrégulière et non uniforme des colonies.

Pour obvier à cet inconvénient, nous avons finalement adopté la technique suivante qui nous donne entière satisfaction :

un échantillon de 0.5 g de terre, sèché à température ordinaire et finement divisé au mortier, est suspendu dans un tube contenant 10 cm^3 d'eau stérile. De la suspension soigneusement agitée, on prélève, au moyen d'une pipette stérile, 0.2 cm^3, à placer immédiatement en boites de Petri. Le milieu « rose bengal agar » est ensuite coulé, le contenu de la boite homogénéisé et les plaques placées à l'étuve, à 27°C. L'examen des boîtes se fait après 4 jours.

Il importe de veiller soigneusement à ce que la prise d'essai (0.2 cm³) soit constituée, non pas de la fraction liquide seule, mais bien d'une suspension de grains de terre dans l'eau stérile.

Cette technique a donné des résultats particulièrement intéressants quant à la répartition uniforme des colonies.

20 répétitions pour chaque sol ont été réalisées ; les 20 boites obtenues présentaient le même aspect et dans 16 boites la présence d'une seule colonie d'*Aspergillus niger* pouvait être observée, les 4 autres boites en étant complètement dépourvues.

* * *

Application de la méthode à 6 sols différents.

Nous avons tenté d'obtenir une « image fongique » significative de six échantillons de terre d'origines différentes.

A : sol de culture de pH 7,5,
B : sol forestier de pH 4,
C : sol forestier,
D : sol forestier,
E : sol forestier,
F : sol forestier,

Les échantillons C D E et F sont d'origine pédologique très voisine. Après séchage à température ordinaire, tamisage et pulvérisation au mortier, des échantillons moyens de 0.5 g ont été prélevés pour chaque sol et suspendus dans 10 cm³ d'eau stérile. A partir de chacune de ces 6 suspensions, 4 boites de Petri ont été ensemencées à raison de 0.2 cm³, chaque fois. Les résultats obtenus après 4 jours d'incubation à 27° C sont illustrés par le cliché 2.

Par l'emploi de cette technique, il résulte que :

1° Chaque type de sol présente une « image fongique » caractéristique, formée :

pour le sol A : de colonies blanches floconneuses des genres *Cephalosporium* et *Fusarium*,
pour le sol B : de petites colonies verdâtres de *Penicillium sp.*,
pour les sols C D E F : de colonies vertes d'*Aspergillus fumigatus*.

2° L'image fongique de chaque sol se répète significativement dans chacune des 4 boîtes.

3° Si nous comparons les résultats obtenus ici sur les sols A et B, nous pouvons constater une concordance très nette avec les résultats obtenus précédemment. (Il suffit de comparer les images A et B des deux clichés).

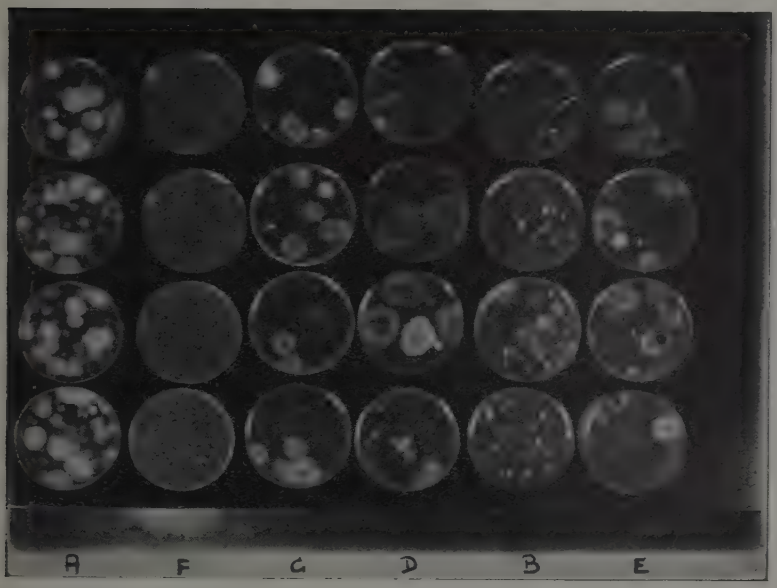


FIG. 2.

CONCLUSIONS.

Pour étudier comparativement les moisissures du sol, nous proposons, nous basant sur les résultats obtenus, une technique d'ensemencement massif.

En utilisant cette méthode, nous sommes parvenus à éliminer les espèces ubiquistes, dont le développement sur milieu de culture donne une idée fausse de la population fongique du sol. Chaque grain de terre utilisé ici pour l'ensemencement massif apporte dans la plaque les filaments mycéliens qui y sont imbriqués et qui sont ordinairement perdus lorsqu'on utilise la méthode des dilutions. Ces filaments myceliens actifs sont précisément constitutifs des moisissures qui forment la population fongique intéressante du sol.

En utilisant cette technique d'ensemencement massif, nous espérons trouver une relation entre les espèces actives d'un sol et les propriétés intrinsèques de ce sol (pédologiques notamment).

Juillet 1952.
Chaire de Microbiologie.
(Prof. P. MANIL).

BIBLIOGRAPHIE

1. S. A. Waksman, 1952. — Soil Microbiology. John Wiley et Sons, Inc., New-York.
2. P. C. T. Jones and J. E. Mollison, 1948. — The Journal of General Microbiology, Vol. 2, N° 1.
3. O. N. Allen, 1949. — Experiments in soil bacteriology. Burgess Publishing Company, Minneapolis 15, Minnesota.

TABLE DES MATIÈRES
du Tome XX.

Nos 1 et 2.

Victor LATHOUWERS. — *In memoriam* † 3
ANTOINE, A. — Relations entre protéines et matières grasses du lait 5
BERNARD, J. — Essais de lutte contre les Hoplocampes du Prunier 9
BRENY, R. et BOLLAERTS, D. — *Pediculoïdes ventricosus* NEWPORT : un acarien prédateur polyphage 23
CASIMIR, J. — Étude des acides aminés dans les fruits en conserve 33
DEMORTIER, G., RIGA, A. et DARCHEVILLE, M. — Le « fumier huilé » déprime-t-il les rendements ? 43
DEMORTIER, G. et DROEVEN, G. — Étude de l'évolution des propriétés physiques des sols humides soumis au drainage en relation avec le rendement des cultures 48
DEMORTIER, G. et VAN HOECK, G. — Application de la spectrophotométrie à flamme dans le domaine agricole 57
HANOTIAUX, G. et MANIL, G. — Note sur les résines synthétiques utilisées pour l'amélioration de la structure du sol 66
HENNAUX, L., ANTOINE, A., SEILLEUR, P., LECOMTE, R. — Administration d'avoine germée et lactation 72
HENNAUX, L. et HOLVOET. — Effet des antibiotiques et de la vitamine B_{12} sur la croissance du porcelet 82
DEMORTIER, G. et BONUS, M. — Observations météorologiques de l'année 1951 91

Notes.

MANIL, P. et STRASZEWSKA, Z. — Action de l'hydrazide maléique sur les tumeurs du « crown-gall » 128
STRASZEWSKA, Z. — Action sur le « crown-gall », du filtrat de culture de *Agrob. tumefaciens* 132
BONNIER, CH., HELY, F. H., MANIL, P. — Essai d'adaptation à *Soja hispida* de souches de *Rhizobium* non spécifiques 137
CULOT, J.-PH. — De l'influence du Sodium comme substituant du Potassium dans la croissance de *Aspergillus niger* 141
BONNIER, CH. — Milieu différentiel, permettant la séparation de différentes souches de *Rhizobium sp.* 146
BERNARD, J. — Note sur deux *Cacaecia* (Lépidoptère, Tortricidae) occasionnellement nuisibles aux cultures florales 148
Bibliographie 151

Nos 3 et 4.

Boudru, M. — Considérations sur la futaie jardinée de Chêne 155

Casimir, J. et Trzcinski, T. — Contribution à l'étude du métabolisme azoté dans les Champignons. Répartition des acides aminés dans *Agaricus hortensis* C., *var. alba* 178

Demortier, G. — Dispositif permettant d'éliminer l'inertie des appareils enregistreurs à leviers et plus spécialement des barographes 185

Detroux, L. et Fouarge, J. — Essai de protection des plants forestiers contre les dégats du petit gibier (lapin et lièvre) 188

Fouarge, J. et Sacré, E. — Analyse physique, mécanique et anatomique de bois d'Epicéa (*Picea abies* Karst, *P. excelsa* Link), originaires de différentes stations de la Haute Ardenne. 223

Teghem, J. — Ajustement d'une équation parabolique à une série chronologique périodiquement lacunaire 293

Scaut, A. — Contribution à l'étude des méthodes de détermination de la phosphatase dans le lait 314

De Munter, P. — Application de tests statistiques paramétriques et non-paramétriques à quelques problèmes de climatologie 373

Notes.

Casimir, J. et Huygens, R. — Réactifs d'identification des sucres sur papier. 384

Straszewska, Z. et Manil, P. — Immunité conférée à *Datura Stramonium* par une première inoculation de *Agrobacterium tumefaciens* 387

Wiltgen, N. et Bonnier, Ch. — A propos de l'examen mycologique du sol ; description d'une méthode 391

ÉDITIONS J. DUCULOT, S. A., GEMBLOUX *(Imprimé en Belgique).*

Encyclopédie Agronomique et Vétérinaire

MANUEL DE L'AMÉLIORATION DES PLANTES

par **V. LATHOUWERS**

Docteur ès Sciences. Professeur à l'Institut agronomique de l'État à Gembloux.

Tome I : **L'Amélioration générale** — **En réimpression**

Tome II : **L'Amélioration du Froment**, 580 pp., 66 fig. — **150.00**

LE CHÊNE PÉDONCULÉ ET LE CHÊNE ROUVRE

Leur culture en Belgique

par **A. POSKIN**

Professeur à l'Institut agronomique de l'État, à Gembloux.

1 vol. 283 p., 54 fig., 1 carte en couleurs, — br., 65,00

PHYTOTECHNIE DE L'HEVEA — (HEVEA BRASILIENSIS)

Botanique — Amélioration — Culture et Exploitation

par **M. FERRAND**

Ingénieur Agronome (A. I. Gx), Chef de la Division de l'Hevea de l'INÉAC, Directeur du Centre de Recherches de l'Inst. de Rech. pour les Huiles de Palme et Oléagineux de Paris.

1 vol. 432 p., 67 fig., 2 hors-textes — **110.00**

ÉLÉMENTS DE MICROBIOLOGIE GÉNÉRALE ET AGRICOLE

par **G. VERPLANCKE**

Charge de cours à l'Université de Gand et à l'Institut agronomique de Gand

1 vol. in-8°, 328 pp., 105 fig. — br. **45,00**

LES BOVINS

par **J. LAHAYE** et **J. MARCQ**

Professeur à l'École de Médecine vétérinaire, à Cureghem. Professeur à l'Institut agronomique, à Gx.

Tome I : **La Connaissance du Bétail**, 1 vol. in-8°, 208 pp., 166 fig.

Tome II : *Volume* 1. **Ethnographie. Hygiène. Reproduction.** — **En réimpr.**

Volume 2. **Alimentation**, 1 vol. in-8°, 644 pp., 20 fig. — **En réimpr.**

TRAITÉ DE PATHOLOGIE MÉDICALE DES ANIMAUX DOMESTIQUES

par F. LIÉGEOIS

Professeur à l'École de médecine vétérinaire, à Cureghem.

1 vol. XXVI-926 p., 3e édition, 1949. — **520.00**

LA FERTILISATION DU SOL ET LES ENGRAIS

par **R. MEURICE**

Docteur en Sciences, Directeur de la Station de Chimie et de Physique Agricoles de l'État, à Gembloux.

1 vol. in-8° ill., 280 p. — **60,00**

TRAITÉ D'ÉCONOMIE RURALE

par **A. DELOS**

Professeur à l'Institut agronomique de l'État, à Gembloux.

Tome I : **La Terre**, 1 vol. in-8°, 280 pp., 25 fig., — br. **50,00**

Tome II : **Le Capital d'exploitation**, 1 vol. in-8°, 372 pp., — **Épuisé**

PRÉCIS DE DROIT VÉTÉRINAIRE

par **F. LIÉGEOIS**

Professeur à l'École de médecine vétérinaire, à Cureghem.

1 vol. in-8°, 332 pp., br. **60,00**

TRAITÉ COMPLET D'AVICULTURE

par **J. LAHAYE, J. MARCQ et E. CORDIEZ**

Professeur à l'École de Médecine vétérinaire, à Cureghem. Professeur à l'Institut agronomique, à Gx.

1 vol. in-8°, 660 pp., 219 fig., 9 hors-textes en quadrichromie, br. **375,00**

LE CHEVAL

par **J. MARCQ** et **J. LAHAYE**

Prof. à l'Institut agronomique, à Gembloux. Prof. à l'École de médecine vétérinaire, à Cureghem.

Tome I : Extérieur du Cheval, 304 pp., 193 fig. br. **175,00**

Tome II : Zootechnie spéciale. Alimentation. Hygiène. Amélioration.

En réimp.

LA CANNE A SUCRE AUX ANTILLES FRANÇAISES

par **J. GUILLAUME**

Ingénieur, Chef de Fabrication aux Antilles.

1 vol. in-8°, IX-215 pp., fig. br. **56,00**

ÉLÉMENTS DE PATHOLOGIE VÉGÉTALE

appliquée à la Phytotechnie

par **Ém. MARCHAL**

Professeur émérite à l'Institut agronomique de l'État, à Gembloux.

P. MANIL et **R. VANDERWALLE**

Professeur à l'Institut agronomique de Gembloux. Chargé de cours à l'Institut agronomique de Gx.

1 vol. in-8°, XXIV-540 pp., 205 fig. br. **290,00**

ÉLÉMENTS DE PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE

Les bases scientifiques de la Phytotechnie

par **Ém. MARCHAL**

Professeur à l'Institut agronomique de l'État, à Gembloux.

1 vol. in-8°, XVI-344 pp., 131 fig., br. **225,00**

TRAITÉ DE SYLVICULTURE

par **A. POSKIN**

Professeur à l'Institut agronomique de l'État, à Gembloux.

1 vol. in-8°, 532 pp., 166 fig. br. **260,00**

A TRAVERS LES FORÊTS DE PINSAPO D'ANDALOUSIE

Étude de Dendrologie, de Sylviculture et d'Entomologie forestière.

par **A. BARBEY**

Expert forestier, Docteur ès Sciences,

1 vol. in-8°, 110 pp., 41 pl., br. **40,00**

ÉDITIONS J. DUCULOT, S. A., GEMBLOUX. *(Imprimé en Belgique).*